

520.41161X00

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applicant(s): N. SATOH
Serial No.: Not assigned
Filed: February 20, 2002
Title: SERVO DETECTION CONTROL SYSTEM, SERVO
DETECTION CONTROL METHOD AND HARD DISK DRIVE
Group: Not assigned



LETTER CLAIMING RIGHT OF PRIORITY

Honorable Commissioner of
Patents and Trademarks
Washington, D.C. 20231

February 20, 2002

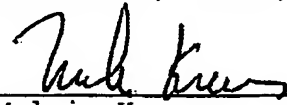
Sir:

Under the provisions of 35 USC 119 and 37 CFR 1.55, the
applicant(s) hereby claim(s) the right of priority based on
Japanese Application No. (s) 2001-202374 filed July 3, 2001.

A certified copy of said Japanese Application is attached.

Respectfully submitted,

ANTONELLI, TERRY, STOUT & KRAUS, LLP



Melvin Kraus
Registration No. 22,466

MK/amr
Attachment
(703) 312-6600

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日
Date of Application:

2001年 7月 3日

出 願 番 号
Application Number:

特願2001-202374

[ST.10/C]:

[JP2001-202374]

出 願 人
Applicant(s):

株式会社日立製作所

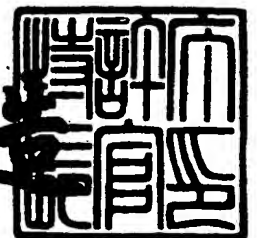


CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT

2002年 1月25日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2002-3000635

【書類名】 特許願

【整理番号】 KN1327

【提出日】 平成13年 7月 3日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G11B 21/02

【発明者】

 【住所又は居所】 神奈川県小田原市国府津 2 8 8 0 番地 株式会社 日立
 製作所 ストレージ事業部内

 【氏名】 佐藤 直喜

【特許出願人】

 【識別番号】 000005108

 【氏名又は名称】 株式会社 日立製作所

【代理人】

 【識別番号】 100093492

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 鈴木 市郎

 【電話番号】 03-3591-8550

【選任した代理人】

 【識別番号】 100078134

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 武 顕次郎

 【電話番号】 03-3591-8550

【手数料の表示】

 【予納台帳番号】 113584

 【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

 【物件名】 明細書 1

 【物件名】 図面 1

 【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 磁気ディスク装置、モバイル情報機器、及びこれらに適用したサーボ復調制御装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 複数ヘッド間のヘッドチェンジ動作で情報の記録再生を行う際のサーボ復調制御装置において、

複数のヘッド間のヘッドチェンジで生じ得るサーボ信号領域間隔を測定するサーボセクタ間隔測定部、前記サーボセクタ間隔測定部の測定値からヘッド切り替え時間差を算出する時間差算出部、前記時間差算出部の算出結果を記憶する時間差記憶部、からなるヘッドチェンジによる学習手段と、

ヘッドチェンジ後のサーボ復調の開始タイミングを前記時間差記憶部の記憶値を用いて補正する補正制御手段と、を備えた

ことを特徴とするサーボ復調制御装置。

【請求項 2】 複数ヘッド間のヘッドチェンジ動作で情報の記録再生を行う際のサーボ復調制御装置において、

複数のヘッド間のヘッドチェンジで生じ得るサーボセクタ間隔を測定するとともにヘッドチェンジ後のサーボセクタ内の記録信号からディスク半径方向のスキュー量を測定し、前記サーボセクタ間隔の測定値からヘッド切り替え時間差を算出し、前記算出した時間差と前記測定したスキュー量を記憶するヘッドチェンジによる学習手段と、

ヘッドチェンジ後のサーボ復調の開始タイミングを前記時間差の記憶値を用いて補正制御し、前記スキュー量によりヘッドのフィードフォワードの位置決めを制御するヘッドチェンジの補正制御手段と、を備えた

ことを特徴とするサーボ復調制御装置。

【請求項 3】 複数ヘッド間のヘッドチェンジ動作で情報の記録再生を行う際のサーボ復調制御装置において、

複数のヘッド間のヘッドチェンジで生じ得るサーボセクタ間隔を測定するとともにヘッドチェンジ後のサーボセクタアドレスよりサーボセクタスキュー量を測定し、前記サーボセクタ間隔の測定値からヘッド切り替え時間差を算出し、前記

算出した時間差と前記サーボセクタスキュー量を記憶するヘッドチェンジによる学習手段と、

ヘッドチェンジ後のサーボ復調の開始タイミングを前記時間差の記憶値を用いて補正制御し、前記サーボセクタスキュー量によりサーボセクタアドレスを補正制御するヘッドチェンジの補正制御手段と、を備えた

ことを特徴とするサーボ復調制御装置。

【請求項 4】 請求項 1、2 又は 3 に記載のサーボ復調制御装置において、前記ヘッドチェンジによる学習手段における学習動作と、前記ヘッドチェンジの補正制御手段による補正制御動作とに際して、通常サーボ復調モードを用いずに、連続サーチモードを適用する

ことを特徴とするサーボ復調制御装置。

【請求項 5】 請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 つの請求項に記載のサーボ復調制御装置を用いた磁気ディスク装置。

【請求項 6】 請求項 5 に記載の磁気ディスク装置において、

外部からの衝撃を検出する衝撃検出手段を設け、前記衝撃検出手段の出力によって、前記学習手段による学習結果の採否を判断する判定手段を設けることを特徴とする磁気ディスク装置。

【請求項 7】 請求項 5 に記載の磁気ディスク装置を適用したモバイル情報機器。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、磁気ディスク装置に組み込む複数のヘッドと各ヘッドに対応するディスクのサーボ信号領域との相対的な位置関係がずれても、磁気ディスク装置のパフォーマンスが劣化しないサーボ信号復調の制御技術に関する。

【0002】

【従来技術】

まず、磁気ディスク装置の一般的な構成を図 1 1 及び図 1 2 を用いて説明する。この一般的な構成については本発明についても適用されるものである。磁気デ

ディスク装置 (HDD) は、主に機構系からなるヘッドディスクアセンブリ (HDA) と、主に回路系からなるパッケージ基板 (PCB) とから構成される。図 1 1 はヘッドディスクアセンブリ (HDA) 1 0 0 の構成を示し、図 1 2 はハードディスクドライブ (HDD) の構成を示す。

【0003】

図 1 1 において、HDA 1 0 0 は、筐体 (ベース) 8 にスピンドル 5 を介して組み込まれた磁気ディスク 2 と、ボイスコイルモータ (VCM) 7 で駆動されるアクチュエータ 4 に接続されたサスペンション 3 の先端に採り付けた磁気ヘッド 1 と、磁気ヘッド 1 を電氣的に駆動するリードライト IC (R/WIC) 1 1 が搭載されたフレキシブルプリントヘッドケーブル (FPC) 6 とから構成される。磁気ディスク 2 を一定回転数で回しながら、アクチュエータ 4 で磁気ヘッド 1 を移動して任意の位置に記録再生する。

【0004】

図 1 2 において、HDA 1 0 0 は磁気ディスク 2 が 4 枚の構成である。磁気ヘッド 1 で再生されたサーボ信号領域 1 3 の信号は、R/WIC 1 1 で増幅してから PCB 2 0 0 の Read Channel IC (RDC) 3 8 のサーボ復調回路でサーボ復調する。この復調結果に基づいてマイクロプロセッサ (MPU) 3 4 が磁気ヘッド 1 の位置を認識し、サーボコントローラ (SC) 3 3 を制御する。SC 3 3 は、この制御に基づいて、モータ 1 2 の回転制御を介してディスクの回転 1 4 を精密に制御すると共に、アクチュエータ 4 の VCM 7 の電流を制御してシーク動作 1 5 やトラックフォロ잉動作を制御する。

【0005】

記録再生可能な領域に磁気ヘッド 1 が位置決めできると、HDC (ハードディスクコントローラ) 3 2 が記録再生制御を RDC 3 8 や R/WIC 1 1 に指示する。記録時には、ユーザーデータ 1 6 を取り込んだ RAM 3 7 の値を HDC を介して、エラー訂正コード (ECC) 等を付加して磁気ディスク 2 の所定の領域に記録する。再生時には、所定の位置にある磁気ヘッド 1 から読み出された磁化信号を RDC 3 8 がデジタルデータに復調して、更に HDC 3 2 でエラーをチェック/訂正して RAM 3 7 に記録し、上位に再生できたことを報告する。ROM 3

6は、磁気ディスク2のHDD100の起動時のシーケンスや、磁気ディスクの管理情報エリアを読むために必要な情報を記録する。

【0006】

近年の磁気ディスク装置（HDD）には、磁気ヘッド1にMRヘッドやGMRヘッドが採用され、装置の記録密度は急激に高くなっている。このMRヘッドやGMRヘッドには、検出感度を上げるために磁気抵抗効果を有する薄膜素子に高い密度の電流をR/WIC11が供給して使用する。このため、ヘッド素子のマイグレーション防止対策として、通常は一つのヘッドに長時間継続して電流供給されないように、比較的頻繁にヘッドを切り替える動作（ヘッドチェンジ）が発生するようにデータ配置（データフォーマット）する。

【0007】

また、高記録密度化するに伴って、ディスク周方向のサーボ信号領域13も高記録密度となり、そのディスク周方向の領域長は狭小化する傾向にあり、数十 μ m長／領域である。また、位置決め性能を向上するためには、サーボ復調帯域を広くすることが重要であり、具体的にはサーボ信号領域数／周を増加する。

【0008】

そこで、サーボ信号領域13の狭小化とサーボ信号領域数／周の増加に伴って、ヘッドチェンジが発生した時、期待しているサーボ信号領域から復調のタイミングがずれるという問題で発生する。即ち、図13に示すように、HDDの熱環境の変化や外部衝撃によってアクチュエータ4が倒れたり（例えば、アクチュエータの回転軸の軸心が傾いて、アクチュエータのヘッド#0とヘッド#7との位置ずれが発生したり）、ディスク2のクランプ（スピンドル固定具。図示せず）による歪みが熱履歴や外部衝撃で開放されることによってディスクの周方向にスリップする。

【0009】

このため、ヘッドチェンジ時に期待している領域からサーボ信号領域がずれると、タイミングずれ（スキュー）が発生し（ヘッドチェンジ時において、チェンジ後のヘッドに対応するトラックのサーボ信号領域が、図13に示すようにチェンジ前のそれとずれを生じていると、チェンジ後のサーボ信号領域の正規の検出

タイミングにずれが生じる)、正常なサーボ復調は期待できない。リトライ処理の頻発による大きな性能劣化が生じる可能性が高い。

【0010】

従来技術では、以上説明したようなサーボ信号領域13のスキュー発生による問題を回避するために、図13に示すように、ヘッドが相対的にスキューし得る量に対応した領域をサーボ信号領域13の前に、サーボ信号領域の増分18として付加する手法や、また、STW(サーボトラックライタ)でサーボ信号をディスクに記録する前に十分な熱履歴を加えて、クランプの歪みをとる等の対策がとられている。

【0011】

スキュー発生の問題回避に対する前者の対策例(サーボ信号領域増分の付加例)を具体的に説明すると、図13に示すように、倒れ範囲17として、ヘッド#7(H7)で $\pm 15\mu\text{m}$ (幅で $30\mu\text{m}$)想定する場合は(ヘッド又はディスクの倒れ・傾きがディスク周方向の片一方に $15\mu\text{m}$ であれば、ディスク周方向の逆方向にも $15\mu\text{m}$ 倒れることが予測されるので、全体の倒れ範囲として $30\mu\text{m}$ となる)、全ヘッドの全サーボ信号領域13の前部に増分18として $30\mu\text{m}$ のサーボ信号の引き込み信号を付加する。そして、 $15\mu\text{m}$ だけSGATE(サーボ信号を復調するための制御信号)19-1, 19-2のように前倒して常時復調する。同図のように、H7が $15\mu\text{m}$ ずれると、H7からH0にヘッドチェンジする場合、H0の増分領域の先頭部分でSGATE19-1が開き、H0からH7にヘッドチェンジする場合、H7の増分領域の終端部分でSGATE19-2が開くので、共に支障なくサーボ復調が可能となる。

【0012】

図13の右図を用い、敷衍して説明すると、上段側と下段側におけるヘッド又はディスクのトラック方向シフトが生じる場合の対策として、本来のサーボ信号領域13に隣接してサーボ信号領域増分18をすべてのトラックで追加して記録する。この際、サーボ信号領域13又はその増分18におけるサーボ信号を読み取るためにはサーボゲート信号(図13では19-1又は19-2として示す)を開くことによってデータと区別して読み出すようになっている。図13におい

て、例えば $30\mu\text{m}$ 長の増分は、前記トラック方向（ディスクの周方向）の前後のシフトを考慮した長さであり、現実にはトラック方向前後のいずれかの方向のシフトであるから、増分 18 の略中央部でサーボゲート（図では S G A T E と記す）を開いて、いずれの方向のシフトにも対応できるようにしている。

【 0 0 1 3 】

更に付け加えると、以上の説明では、H 7 から H 0 へのヘッドチェンジについて、ディスクの同一半径上に記録されたサーボ信号領域へのチェンジとしていたが、これに限らず、1つのデータブロックを隔てた次のサーボ信号領域へのチェンジであっても当然に良い（実際上はサーボ信号領域間の間隔 T だけオフセットしてヘッドチェンジする場合が多い）。

【 0 0 1 4 】

以上のように、サーボ信号領域増分 18 を設け、サーボゲートのタイミングを調整することによって、ヘッドチェンジ時におけるタイミングずれの発生を防止しているのである。

【 0 0 1 5 】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、従来技術において、サーボ信号領域の個数／周の増大に伴って、ヘッドがスキューし得る量に対応した領域、例えばサーボ信号領域増分の比率が増すと、データの記録領域を狭める（フォーマットロス）という新たな課題が発生する。

【 0 0 1 6 】

このスキュー対応の増分領域 18 の付加によって、2.5 インチのディスク 1 周中にサーボ信号領域が 100 個存在する場合での最内周のフォーマットロスが約 3%、3.0 インチのディスク 1 周中にサーボ信号領域が 200 個存在する場合で約 5% のフォーマットロスに相当する。

【 0 0 1 7 】

特に、モバイル情報機器用途の HDD では、低消費電力である必要があり、このために低速回転で適用するのが望ましく、この観点で、ノート PC 用途としては通常、4,200 r p m であるところ、2,000 r p m で使用しようとする

と、サーボ位置決め応答の帯域を確保するために、 $4, 200 / 2, 000 = 2$. 1 倍のサーボ個数が必要となる。サーボ個数を、210個/周とし、 $\pm 15 \mu\text{m}$ の倒れを許容すると、フォーマットロス6%を超える。

・ 【0018】

小径のディスクを用いるHDDでは、径の大きさに反比例してロスが増加する。1.0インチのディスクでは、2,000rpm、210個/周として、倒れ $\pm 15 \mu\text{m}$ 許容によるフォーマットロスは、16%にも達する。

【0019】

また、スキュー対応の増分18の領域の1/2を超えるスキューが何らかの要因で発生した場合は（図13の例によると、ヘッド又はディスクにおけるトラック方向前後の片一方のシフトが $30 \mu\text{m} / 2$ を超えると）、ヘッドチェンジ毎にサーボ信号領域のサーボ復調が異常となり、リトライが多発し、大きなパフォーマンスロスになる。

【0020】

以上のように、図13に示すような従来技術では、サーボ信号領域増分を付設したことによるデータ領域の低減や、サーボ信号領域増分の半分を超えるスキューの発生によるサーボ復調の異常、という課題が発生し得る。

【0021】

そこで、本発明の目的は、磁気ディスク装置において、熱変動や外部衝撃等でディスクやヘッドの大きなスキューが生じる場合でも、サーボ信号領域を広げることなく、かつヘッドチェンジによるパフォーマンスロスを生じない技術を提供することにある。

【0022】

更に、本発明の目的は、予めサーボ信号を記録或いは形成した磁気ディスク（プリSTW（サーボトラックライタ）ディスクと称する）を装置に組み込む場合に発生し得る、複数のヘッド/ディスク間で、数～数百サーボ信号領域にも及ぶ大きなディスクのスキューに対しても、フォーマットロスとパフォーマンスロスをなくすことが可能なサーボ信号復調の制御技術を提供することにある。

【0023】

【課題を解決するための手段】

前記課題を解決するために、本発明は主として次のような構成を採用する。

複数ヘッド間のヘッドチェンジ動作で情報の記録再生を行う際のサーボ復調制御装置において、

複数のヘッド間のヘッドチェンジで生じ得るサーボ信号領域間隔を測定するサーボセクタ間隔測定部、前記サーボセクタ間隔測定部の測定値からヘッド切り替え時間差を算出する時間差算出部、前記時間差算出部の算出結果を記憶する時間差記憶部、からなるヘッドチェンジによる学習手段と、

ヘッドチェンジ後のサーボ復調の開始タイミングを前記時間差記憶部の記憶値を用いて補正する補正制御手段と、を備えたサーボ復調制御装置。

【0024】

また、複数ヘッド間のヘッドチェンジ動作で情報の記録再生を行う際のサーボ復調制御装置において、

複数のヘッド間のヘッドチェンジで生じ得るサーボセクタ間隔を測定するとともにヘッドチェンジ後のサーボセクタ内の記録信号からディスク半径方向のスキュー量を測定し、前記サーボセクタ間隔の測定値からヘッド切り替え時間差を算出し、前記算出した時間差と前記測定したスキュー量を記憶するヘッドチェンジによる学習手段と、

ヘッドチェンジ後のサーボ復調の開始タイミングを前記時間差の記憶値を用いて補正制御し、前記スキュー量によりヘッドのフィードフォワードの位置決めを制御するヘッドチェンジの補正制御手段と、を備えたサーボ復調制御装置。

【0025】

また、複数ヘッド間のヘッドチェンジ動作で情報の記録再生を行う際のサーボ復調制御装置において、

複数のヘッド間のヘッドチェンジで生じ得るサーボセクタ間隔を測定するとともにヘッドチェンジ後のサーボセクタアドレスよりサーボセクタスキュー量を測定し、前記サーボセクタ間隔の測定値からヘッド切り替え時間差を算出し、前記算出した時間差と前記サーボセクタスキュー量を記憶するヘッドチェンジによる学習手段と、

ヘッドチェンジ後のサーボ復調の開始タイミングを前記時間差の記憶値を用いて補正制御し、前記サーボセクタスキュー量によりサーボセクタアドレスを補正制御するヘッドチェンジの補正制御手段と、を備えたサーボ復調制御装置。

【 0 0 2 6 】

また、前記サーボ復調制御装置において、前記ヘッドチェンジによる学習手段における学習動作と、前記ヘッドチェンジの補正制御手段による補正制御動作とに際して、通常サーボ復調モードを用いずに、連続サーチモードを適用するサーボ復調制御装置。

【 0 0 2 7 】

【発明の実施の形態】

本発明の実施形態に係る磁気ディスク装置に適用されるサーボ復調制御装置について、図面を用いて以下説明する。図 1 は本発明の実施形態に関するサーボ信号領域のスキュー量の学習を説明するフローチャートであり、図 2 は本実施形態に関するヘッド又はディスクのスキュー状況及びサーボ復調のタイミングを示す図である。

【 0 0 2 8 】

本発明の第 1 の実施形態に係る磁気ディスク装置の基本的構成は図 1 1 及び図 1 2 に示す通りであり、その詳細は「従来の技術」欄で説明したのでこれを援用する。本発明の実施形態が対象としている磁気ディスク装置は、デスクトップ PC やサーバ等に用いる大容量の多数枚ディスク構成の HDD における「アクチュエータ倒れ」や「スピンドル倒れ」が予測されるものである。磁気ディスク装置が複数ディスクを内蔵している場合、上述の倒れによってディスク（又はヘッド）間でサーボ信号領域がずれる現象が発生する（上記の「従来の技術」欄で説明したように）。

【 0 0 2 9 】

更に詳細に説明すると、図 2 の（A）に示すように、多数枚（図示の場合は 4 枚）のディスクが採用される場合は、環境温度の変化や外部衝撃の印加等で、ヘッドが取り付けられているアクチュエータが、HDA のモータ軸に対して $H7 \pm 15 \mu m$ 傾く場合（倒れ範囲 $17 \sim 30 \mu m$ ：ヘッド乃至アクチュエータの倒れ

がディスク周方向の片一方に $15\mu\text{m}$ であれば、ディスク周方向の逆方向にも $15\mu\text{m}$ 倒れることが予測されるので、全体の倒れ範囲として $30\mu\text{m}$ となる) を想定する。

【0030】

図2の(B)において、例えば $30\mu\text{m}$ 長の倒れ範囲は、トラック方向(ディスクの周方向)の前後の倒れ(スキュー)を考慮した長さであり、現実にはトラック方向前後のいずれかの方向のスキューであるから、倒れ範囲17の略中央部でサーボゲート(図では19-3SGATE)を開いて、いずれの方向のスキューにも対応できるようにしている。

【0031】

この状態では、図2の(B)のタイミング図に示すように、ヘッド7(H7)からヘッド0(H0)のように、離れたヘッド間のヘッドチェンジ時において、期待しているタイミングにサーボ信号領域13が存在しない。このためデータ領域でサーボ復調を開始する(SGATE19-3)ことになり、異常動作が発生し、リトライ処理をすることとなる。このような異常動作は、ディスクを取り付けたスピンドルが正規の回転軸から倒れることによっても生じる。

【0032】

このサーボ信号領域13のスキュー発生による問題を回避するには、通常、連続サーチモード(何らかの異常でサーボ信号領域13を見失った時に対応するモード)を適用して、リトライ処理としている。ここで、連続サーチモードとは、通常サーボ復調モードに対応するものであり、磁気ディスク装置の起動時等でサーボ信号領域の特定ができない時に、データ領域でサーボ復調動作を起動しても、動作異常が生じ難いようにしている動作モードであり、ディスク2の回転の起動時にも適用される。また、通常サーボ復調モードは、データ領域でサーボ復調動作の起動がかけられないが(通常サーボ復調モードでは、サーボ信号領域中のAGC/PLL部が直ちに検出できないと異常動作する)、正規のサーボ信号領域での誤動作が少ないという特性を有する。何らかの原因でサーボ信号領域13を見失うことがあっても、この連続サーチモードを適用すれば、サーボ信号領域13を再認識することが可能であると云え、サーボ信号領域13が認識できた時

点で、通常のサーボ復調モードに切り替えれば良い。

【0033】

本発明の実施形態では、この連続サーチモードを利用して、HDDの起動時やリトライ処理時のシーケンスとして、各ヘッド間のサーボ信号領域のスキュー量（ヘッドに対応する各サーボ信号領域のずれ量）を学習する。そして、この学習結果を通常のサーボ復調動作に適用してヘッドチェンジを実行するものであり、以下詳述する。ここで、サーボ信号領域は、AGC／PLL部、SAM（サーボアドレスマーク）部、Gray Code部、PES（ポジションエラーシグナル）部等から構成されていて、これ自体の構成は公知である。

【0034】

ここで、本発明の実施形態の概要について、図2の（B）を用いてまず述べると（ディスク倒れとして図示されている）、H7からH0にヘッドチェンジするとき、19-3SGATEを図のタイミングで開いて（倒れ範囲30μmの半分でオンして）、その後15μmの期間だけ連続サーチモード動作を持続させることで、H7がデータ領域であるにも拘わらず異常動作しない。続いて、H7が連続サーチモード動作中にサーボ信号領域を検出してH0へチェンジする準備ができる。

【0035】

そして、後述するが、H7のサーボ信号領域のサーボアドレスマーク（SAM）とH0の次のサーボ信号領域のSAMとの時間間隔 T_{07} を予め求めておき、前記H7のSAMの検出時点から前記時間間隔 T_{07} 後にヘッドチェンジすれば、H0の次のサーボ信号領域のSAMを検出することができて、ヘッドチェンジ後のH0における正常なサーボ制御を達成することができるものである（H0における1つのデータ領域を飛ばしてサーボ制御を行う場合である）。また、 T_{07} に加えて、 $\Delta T_{07} = T_{07} - T$ を求めて（ T はサーボ信号領域の周期）、前記H7のSAMの検出時点から前記時間間隔 ΔT_{07} 後にヘッドチェンジすれば、H0のサーボ信号領域のSAMを検出することができる（この場合にはデータ領域を飛ばすことなくヘッド間の連続したサーボ信号領域を検出できる）。

【0036】

以上のような本実施形態の概要を具現するために、次のような具体的な手法を駆使する。まず、本実施形態では、図 1 のフローチャートに示すように、ベース側のヘッド (H0) と各ヘッド (Hx) とのヘッドチェンジ時のサーボアドレスマーク間時間 T_{0X} の測定 (30-1)、この 2 ヘッド間のヘッド切換え時間差 ($\Delta T_{0X} = T_{0X} - T$) の算出 (30-2)、各ヘッド間のヘッド切換え時間差の記憶 (30-3)、の手順とからなる学習動作 (30) と、この学習結果を適用するサーボ復調開始時間の調整 (31-1) 等の手順とからなるヘッドチェンジ時の補正動作 (31) と、を有する。

【0037】

ここで、サーボアドレスマーク間時間測定 (30-1) の手段は、ベース側の再生ヘッド (H0) から任意の再生ヘッド (Hx) 間でヘッドを切り替える際に、ベース側の再生ヘッド (H0) でのサーボ信号領域を示すサーボアドレスマーク検出時間と任意の再生ヘッド (Hx) でのサーボ信号領域を示すサーボアドレスマーク検出時間との時間間隔 (T_{0X}) を、連続サーチモードを用いて測定する。この時に適用する連続サーチモードは、最も大きく想定される倒れ幅の 1/2 程度の区間が望ましい。尚、この際、ヘッド切り換えの基点をベース側のヘッド (H0) としたが、カバー側のヘッドでも中央部のヘッドでもかまわない。

【0038】

ヘッド切換え時間差算出 (30-2) の手段は、サーボアドレスマーク間時間測定 (30-1) 手段による測定値 (T_{0X}) と、同一ヘッド (例えばベース側の再生ヘッド (H0)) でのサーボアドレスマーク検出時間間隔の期待値 (設計値) (T) との差の時間 ($\Delta T_{0X} = T_{0X} - T$) を算出する。尚、ヘッドチェンジ後のサーボ信号領域 13 のサーボアドレスマーク (SAM) が欠陥等で見つからない場合は、見つかるまでの複数のサーボ信号領域までを連続サーチモードで復調し、見つかったサーボアドレスマークまでの時間 (T_{0X}) から、 $\Delta T_{0X} = \text{MOD}_T (T_{0X})$ としても良い (T_{0X}/T を表す)。ここで演算子 $\text{MOD}_Y (X)$ は、 X を Y で割った時の残余を示す。尚、MOD はモジュローを表す。

【0039】

ヘッド切換え時間差記憶 (30-3) の手段は、前記の 30-2 の手順で求めた ΔT_{0x} を記憶する。

【0040】

ここで、 ΔT_{0x} を用いて、任意の 2 つのヘッド間 (H_m と H_n) のヘッド切換え時間差 (ΔT_{mn}) をヘッドスキュー量の予測プロファイルに基づいて算出し、その結果を記憶しても良い。特に、ヘッドやディスクが少ない場合は、後述の演算手段が省ける。更には、ヘッド間の切り替え時間差の記憶手段は、ヘッドの切り替え方向によって逆方向の補正が必要であることから、演算手段を用いない場合でも、全てのヘッド間での切り換え時間差を記憶する必要はない。この場合は $1/2$ で良い。例えば、ヘッドが 4 本の場合、6 個 (${}_4C_2/2$) のメモリ (ΔT_{01} 、 ΔT_{12} 、 ΔT_{23} 、 ΔT_{30} 、 ΔT_{02} 、 ΔT_{13}) で良い。

【0041】

この際、2 点間での ΔT_{0x} のみを測定し、これに予測プロファイルとして直線近似を適用することで、測定を簡単化でき得る。

【0042】

例えば、図 3 に示すように、ベース側ヘッド ($H_0 = H_b$) とケース側ヘッド ($H_7 = H_c$) との間で直線的にアクチュエータが倒れた (ヘッドスキュー量の予測プロファイル) とし、ヘッドの HDA の厚さ方向の間隔 $2-1$ が等間隔 (ディスク厚さとディスク間隔 $2-2$ とが等しい) とすると、 H_m と H_n とのヘッド切り替え時間差は、 $\Delta T_{mn} = (n-m) / (c-b) \times \Delta T_{bc}$ と言った演算式で算出できる (40)。ここで、 ΔT_{bc} は、 H_b から H_c へのヘッド切り換え時間差である。

【0043】

具体的には、 $b=0$ 、 $c=7$ (8 本ヘッド間) で、 $T_{07} = -14 \mu sec$ であったとすると、 H_4 から H_1 への切り替える時の時間差は $\Delta T_{41} = (1-4) / (7-0) \times (-14) = +6 \mu sec$ となる。逆に、 H_1 から H_4 に切り換える場合は、 $\Delta T_{14} = (4-1) / (7-0) \times (-14) = -6 \mu sec$ となる。

【0044】

別の例で、ディスク厚さとディスク間隔とが等しくない場合でも簡単にモデルを作ることが可能である。図4に示すように、8本ヘッドでディスク厚さ2-1が1mm、ディスク間隔2-3が2mmとし（H0とH7との間隔は、 $1 \times 4 + 2 \times 3 = 10\text{mm}$ ）、直線的にアクチュエータが倒れたとする。ここで、ベース8からケース側ヘッド（ $H7 = H_c$ ）までの距離を L_c 、ベース8からベース側ヘッド（ $H0 = H_b$ ）までの距離を L_b 、ベース8から、任意のヘッド（ H_x ）までの距離を L_x とすると、任意のヘッド間のヘッド切り替え時間差は、 $\Delta T_{mn} = (L_n - L_m) / (L_c - L_b) \times \Delta T_{bc}$ と表される。この時、 $\Delta T_{mn} = -\Delta T_{nm}$ であることは言うまでもない。

【0045】

更に別の例として、倒れのプロファイルが線形で不十分な場合でも、曲線近似を適用することで対応可能である。ディスク枚数が多かったり、倒れ量が大きくなると線形のプロファイルでは、十分な精度で補間ができなくなる。この場合は、図5に示すように、アクチュエータの倒れ量の大きさによって倒れのプロファイルのモデルを非線形（この場合は2次）に変えることによってより大きなスキューに対応できる。この際の倒れのプロファイルのモデルは、構造シミュレーションによって、高次のプロファイルを作成することでも対応できる。また、予めSTW後の衝撃試験や熱履歴の印加等で、倒れの程度が異なるHDDを複数台評価することで、補正式等を作成しても良い。

【0046】

以上述べた説明が、ヘッドのスキューによるヘッド間のタイミング補正量の学習手順に対応する。この学習は、装置起動時やリトライ時のシーケンスだけでなく、装置の動作時に補正しても良い。例えば、上記のように2枚ディスク（4本のヘッド）の構成では、6通り（ ΔT_{01} 、 ΔT_{12} 、 ΔT_{23} 、 ΔT_{30} 、 ΔT_{02} 、 ΔT_{13} ）のヘッド間でのヘッドチェンジしかないので、このメモリを保有すれば、動作状態でも各ヘッド間で測定することによって逐次補正が可能となる。ディスク4枚、8本ヘッドでは、28個のメモリで良い。

【0047】

そして、この学習値を使って、図2の（B）に示すように、以下のようにサー

が復調開始時間調整（31-1）の手段でサーボ復調タイミングを調整する（図1の参照）。

【0048】

サーボ復調開始時間調整（31-1）手段は、ヘッド切換え時間差記憶（30-3）手段の記憶値を参照して、任意のヘッド間でのヘッド切換えに応じてサーボ信号領域の復調動作の開始時間を調整する。この際、上記の記憶手段の記憶値が、基準ヘッドからの時間差（例えば ΔT_{0x} ）のみである場合は、 H_m から H_n へのヘッドチェンジ前に $\Delta T_{mn} = \Delta T_{0n} - \Delta T_{0m}$ の演算が必要であることは言うまでもない。ヘッドチェンジ前のサーボ信号領域の周期 T にこの補正值 ΔT_{mn} を加えたタイミングでヘッドチェンジ後のサーボ信号領域の復調を実施する。この際、全ヘッド間の ΔT_{mn} を記憶していれば（例えば4本ヘッドで6個のメモリ）、 $\Delta T_{mn} = \Delta T_{0n} - \Delta T_{0m}$ の演算が不要であることは言うまでもない。この時、 $\Delta T_{mn} = -\Delta T_{nm}$ であることも明らかである。

【0049】

上記の手段によって、任意のヘッド間でのヘッド切り替え時に、ヘッドやディスクの正規の位値からのスキューによるサーボ信号領域の時間ずれに合わせて、サーボ信号領域の復調動作の開始時間を調整できる。

【0050】

従って、本実施形態によって、比較的大きなアクチュエータ軸やスピンドル軸の倒れ（軸の長さに対して数%）が生じて、サーボ信号領域を増加する必要がなく、かつパフォーマンスロスのない装置（HDD）が実現できる。

【0051】

次に、本実施形態では、ディスクの半径方向のスキュー（以下、ここではトラックオフセットという）に対応することも可能である。ヘッドのスキューは、同時にディスク半径方向にも発生する。従って、上記のディスク周方向のヘッドスキュー量学習と同様に、ディスクの半径方向のスキューを学習することが望まれる。この学習は、特に比較的大きなファイルやデータを記録再生する場合に、ヘッド間に跨るファイルやデータを扱う場合に有効である。

【0052】

具体的には、図14に示すように、ヘッドチェンジ直後に、サーボアドレスマーク間時間の測定と併せてヘッドチェンジ後のサーボ信号領域に記録されているトラックIDやポジションエラーシグナル(PES)を検出することで実現できる。上述したディスク周方向のスキュー量の測定と同様の手法によって半径方向のスキュー量が測定できる(30-4)ので、これを ΔT_{0x} と同様に ΔD_{0x} として記憶し、通常の動作時にこれを参照することでフィードフォワード的なヘッドの位置決め制御が可能(31-2)となり、ヘッドチェンジ後の位置決めに必要な時間を短縮できる。

【0053】

この際、任意のヘッド間の半径方向のスキュー量は、 H_m から H_n へのヘッドチェンジ時の半径方向のスキュー量(オフセット量)は、 $\Delta D_{mn} = \Delta D_{0n} - \Delta D_{0m}$ で算出できる。

【0054】

例えば、図5の(A)のトラック幅方向の図に示すように、 ΔD_{0x} のプロファイルについても曲線近似モデルが適用でき、 ΔD_{07} の測定のみでも対応可能である。この場合、(B)のディスク回転方向の図に示すように、 ΔT_{0x} 方向の曲線近似モデルと関係付ければ、更に良いモデルとなる。

【0055】

また、図6に示すように、ディスクのクランプがスピンドルの軸方向の強い外部衝撃等によって、一瞬緩むことによって、ディスクの回転方向の締め付けトルクが開放されることで、ディスクが周方向/半径方向にスリップする。このような衝撃を受けた場合は、ヘッド毎ではなく、ディスク毎のスリップが支配的となる。この場合に、ヘッドチェンジによるサーボ信号領域のサーボ復調動作に異常が生じた場合は、ディスク毎の各種学習が有効である。 ΔT_{0x} 、 ΔD_{0x} のメモリの変更は、8本ヘッドの場合でも各3個ですむ可能性がある。当然、アクチュエータ倒れ等を伴う場合には、8本ヘッドの場合で、各7個のメモリを用意すれば良い。

【0056】

本実施形態によれば、大きな熱変動や衝撃によるアクチュエータ4及びスピン

ドル5の軸の倒れに対し、ディスク2の周方向をサーボ復調の開始タイミングの調整、ディスク半径方向をスキュー量（オフトラック量）予測によるフィードフォワード位置決め制御を共に適用することができる。

【0057】

この各種のスキュー学習は、出荷後のHDD起動時は基より、HDDの動作中に適用することも可能である。従って、これらの適応的に学習したメモリの内容を、動作中に定期的にディスクや半導体不揮発メモリに記憶するか、HDD停止前に記憶しておけば、HDDの起動時に学習する必要がない。

【0058】

また、HDA内やPCBの温度センサで測定した温度と各種スキューの学習値との相関が強い場合、HDDの出荷時にこの関係进行评估するか、出荷後の実動作上で監視することによって、測定した温度によって各種スキュー量の補正や調整を、フィードフォワード的に実施することも可能である。

【0059】

更には、本実施形態の各種スキュー学習を実施することで、アクチュエータやスピンドルの倒れ等の仕様を軽減でき、低コスト化も図ることができる。

【0060】

次に、本発明の第2の実施形態に係るモバイル機器に搭載する磁気ディスク装置のサーボ復調制御について以下説明する。この第2の実施形態は、ヘッドが2本以上のノートPC等のモバイル機器内のHDDに関する。

【0061】

ノートPCでは、その使用形態から、落下や乱暴な取り扱いによってPC本体に強い衝撃が加わり易い。これによって、図17に示す様に、内蔵されたディスクのスピンドルへの固定位置がずれる現象も含まれる（図17では説明の都合上ヘッドがずれているように描画している）。これは、主にディスクの固定トルクが一瞬弱くなることによって円周方向にスリップするために発生する。複数ディスクを内蔵している場合、このディスクのスリップによって、上述した第1の実施形態と同様にディスク（ヘッド）間でサーボ信号領域13がずれ、サーボ復調に支障を来す。また、1枚ディスクであっても、ヘッドの取り付けられたサス

ペンションが強い衝撃で歪むことによって、ヘッド位置が、ディスク面間で相対的にずれることによって、ディスクの周方向やトラック幅方向でスキューが発生する。

【0062】

本実施形態においても、上述の第1の実施形態と同様に、サーボ復調の連続サーチモードを用いて、ドライブの起動時やリトライ処理時にヘッド間のサーボ信号領域のスキュー量を学習する。即ち、本実施例においても、図14のフローチャートに示すように、 ΔT_{0x} 及び ΔD_{0x} の学習を行い、動作時には学習値を用いて各種の補正動作を実施する。

【0063】

この際、ノートPCやモバイル機器の内蔵される小型のHDDは、内蔵されるディスク枚数が概ね2枚以下なので、上述のヘッド切換え時間差記憶手段は、各ヘッド間で直接的に各種スキュー量を測定して良い。4本ヘッドでは6通り (ΔT_{01} 、 ΔT_{12} 、 ΔT_{23} 、 ΔT_{30} 、 ΔT_{02} 、 ΔT_{13})、3本ヘッドでは3通り (ΔT_{01} 、 ΔT_{12} 、 ΔT_{20}) の測定で済むので、プロファイル等を認識する必要はない。

【0064】

上述の第1の実施形態で説明した手段によって、任意のヘッド間でのヘッド切り替え時に、ヘッドやディスクの正規の位置からのスキューによるサーボ信号領域の時間ずれに合わせて、サーボ信号領域の復調動作の開始時間を調整する。同様に、ディスクの半径方向のスキューを学習することが可能である。サーボ復調の開始タイミングの調整と、ディスク半径方向のトラックオフセット量の補正とを共に適用することが望ましい。

【0065】

従って、非常に大きな衝撃によってアクチュエータ軸やスピンドル軸の倒れ（軸の長さに対して数%）が生じて、また、ディスクが半径方向にスリップすることがあっても、これらを想定してサーボ信号領域を増加させる必要がなく、かつパフォーマンスロスのない装置（HDD）が実現できる。

【0066】

この各種スキュー学習は、出荷後の装置起動時は基より、装置の動作中に適用することが望ましい。大きなスキューは、概ね取り扱い時に発生することから、これらの学習は、HDDの起動時に実施するのが好ましく、望ましくは動作時に逐次的に実施する。

【 0 0 6 7 】

ここでは、ノートPC等のモバイル機器を一例として説明したが、デジタルカメラ、ポケットタイプの小型PC、携帯電話、携帯型のAV機器、自動車等に搭載するHDDに適用できる。また、これらの機器に接続可能な、可換型のHDDに有効であることも明らかである。

【 0 0 6 8 】

尚、動作時に比較的大きな振動／衝撃が生じ得るモバイル機器に搭載するHDDでは、動作状態において加速度を検知する手段をHDDに設ける。動作状態で、一定の加速度以上が印加された条件でのヘッドチェンジでは、この時に得られた各種スキュー量の学習値は誤差（バラツキ）が大きいか振動や衝撃の影響を大きく受けている。従って、一定の加速度以上が印加された条件では、各種スキュー量の学習値を無視するか、複数回のヘッドチェンジで平均して得るようにする。無視する場合は、一定の加速度未満の条件でのヘッドチェンジでの学習値のみを採用する。これによって、不規則な振動環境下や衝撃発生時でも、誤学習によるパフォーマンスの低下を最小限に抑えられる。

【 0 0 6 9 】

次に示す構成例では、STW（サーボトラックライタ）専用の装置でサーボ信号を記録し、このディスク（プリSTWディスク）を磁気ディスク装置に組み込む際に発生する次のような課題に対処する。このようなSTWを用いた場合は、磁気ディスク装置の組立時点で、既に上記のヘッド間のスキューの問題が発生している。

【 0 0 7 0 】

この様なSTW専用装置をメディアSTWと称する。メディアSTWの例として、以下のようなものがある。

（１）大型のスピンダルモータの軸に取り付けたスピンドルに複数のディスクを

取り付けて、同時に複数の記録ヘッドでSTW（プリライトSTW）するSTW専用装置（以下、メディアプリライトSTWと称する）。

（２）硬質プラスチックのディスクに、サーボパターンに対応した凸凹を逆に構成した原版を押しつけて、コンパクトディスクを量産（複製）する要領でパターン形成し、このプラスチックディスク（パターンディスクとも言う）に磁性膜を形成して、周方向に一様に磁化することによってサーボパターンを形成するSTW専用装置（以下、パターンディスクSTWと称する）。

（３）シリコンの原版上にリソグラフィ技術でサーボパターンに対応したソフト磁化パターンを逆に構成し、これを通常の磁気ディスクに重ねて、周方向に一様に磁化することによってサーボパターンを磁気転写して形成するSTW専用装置（以下、磁気転写型STWと称する）。

【 0 0 7 1 】

通常は、これらのメディアSTWでサーボ信号を記録（形成）したディスクを、１枚ずつHDAに組み込む。前記（１）の装置でSTWされたプリSTWディスクは、STW時のサーボ信号を記録したヘッドの取り付け位置が、使用する磁気ディスク装置でのヘッドの取り付け位置と異なるため、ディスクの両面間で数十～百数十 μm のサーボ信号領域のスキューやトラック幅方向のスキュー（トラックオフセット）が発生する。

【 0 0 7 2 】

また、前記（２）、（３）の装置でSTWされたディスクでは、通常は、１枚円板の片面を使った装置に適用される。これは、ディスク両面のサーボ信号の同時形成が難しいためである。特に、ディスクの両面間でのサーボ信号領域にスキューが発生し易い。回転方向等で数十 μm 精度の厳密な位置合わせの制御は極めて困難である。片面对応のメディアSTW設備を用いて、両面に記録再生可能なディスクとしてSTWする場合は、回転方向に数サーボセクタ以上のスキューが発生すると想定される。従って、前記（２）、（３）の装置でSTWされたディスクの両面及び複数枚ディスクを組み込むHDAでは、ヘッド間で非常に大きなサーボ信号領域のスキューに対応する必要がある。

【 0 0 7 3 】

図7に示すように、(1)のメディアプリライトSTWによるプリSTWディスクを、1枚(両面使用)組み込む場合は、ディスクの取り付け中心に対して、STWのサーボ信号記録用ヘッドと磁気ディスク装置上のヘッドとの間の取り付け位置誤差でスキュー量(ΔT_{0x} 、 ΔD_{0x})が決まる。これらは、概ね数十～百数十 μm のサーボ信号領域のスキューなので、上述の第2の実施形態と同様な技術を、1枚のディスクの面間に適用することで対応できる。

【0074】

しかし、前記(1)のメディアプリライトSTWによるプリSTWディスクを複数枚組み込む場合や、前記(2)のパターンドディスクSTWや、前記(3)の磁気転写型STWによるプリSTWディスクを1枚(両面使用)、更には複数枚組み込む場合は、ヘッド間でのサーボ信号領域の数サーボセクタ以上のタイミングスキューに対応する必要がある。

【0075】

次に、本発明の第3の実施形態に係る磁気ディスクに関するサーボ復調制御について以下説明する。本実施形態では、図8に示すように、メディアプリライトSTWによるプリSTWディスクを複数枚組み込む場合、図18に示すように、パターンドディスクSTWや磁気転写型STWによるプリSTWディスクを1枚(両面STW適用)組み込む場合、及び図9に示すように、複数枚組み込む場合、にそれぞれ対応するものである。

【0076】

STW装置に、上記のメディアSTW技術を採用することによって、ディスク1枚当たりのSTWコストを大幅に低減できると共に、専用装置化によってサーボ信号の高品質化も期待できる。

【0077】

本実施形態では、数サーボセクタにも及ぶ大きなヘッド間のサーボ信号領域のスキューに対応するために、次のような構成を採用する。

【0078】

本実施形態では、サーボ信号領域13のヘッド間スキュー学習(上述の第1及び第2の実施形態を参照)の外に、サーボ信号領域13に記録されているサーボ

セクタアドレス (SSA) を学習／補正 (リナンバリング) する。

【0079】

図9に、プリSTWディスクを2枚組み込んだHDAの各ヘッド位置とディスク上のサーボ信号領域の関係を示す。サーボ信号領域13には、この信号領域に記録或いは形成されたサーボセクタアドレス (SSA) を $S_{\#x}$ のように示している。

【0080】

図15に、サーボ信号領域のスキュー量、トラックオフセット量とセクタスキュー量の学習を実施する場合の学習動作と補正動作とを示す。まず始めに、第1の実施形態の説明で用いたヘッドチェンジ間でのサーボ信号領域間の時間間隔 (T_{0x}) と、ヘッドチェンジ後のヘッド H_x でサーボ信号領域に記録されているサーボセクタスキュー量 (ΔSSA_x) と、トラックIDやポジションエラーシグナル (PES) からトラックオフセット量 (ΔD_{0x}) とを測定する (30-6)。その後にヘッド切り替え時間差 (ΔT_{0x}) を算出 (30-2) し、 ΔT_{0x} 、 ΔD_{0x} 、 ΔSSA_x を記憶 (30-7) する。

【0081】

補正動作 (31) では、ヘッドチェンジ ($H_m \rightarrow H_n$) 毎に、 ΔT_{mn} を算出して復調タイミング (T) を補正し、 ΔD_{mn} の補正制御をかけ、更にはサーボセクタアドレスを SSA_x に補正する。この時に適用する連続サーチモードは、概ねサーボセクタ周期の1/2程度の区間が望ましい。

【0082】

この際、図16のフォーチャートに示すように、トラックオフセットの補正制御を実施しないシーケンスも可能である。

【0083】

図8に示すように、ヘッド間 (H_0 と H_1) で大きなスキューが無ければ、例えば H_0 から H_1 にヘッドチェンジした際に、SSAが $S_{\#0}$ から $S_{\#1}$ が検出される。しかし、プリSTWディスクのよって、 H_0 から H_2 のように大きなスキュー (この場合は32サーボセクタ) がある場合は、SSAが $S_{\#1}$ から $S_{\#33}$ に検出される。

【0084】

このような場合は、H0で復調されるサーボセクタアドレス(SSA)を基準にして、各ディスク面のSSAを変換すれば良い。これをサーボセクタアドレスのスキュー学習(SSA学習)と呼ぶことにする。

【0085】

具体的には、H2の $SSA = i + 1 + 32$ を $SSA_2 = i + 1$ に変換する。即ち、1周のサーボセクタ数を100個($SSA = 0 \sim 99$)とし、H2で復調したSSAを SSA_2 に変換するとすれば、H2の $SSA_2 = \text{MOD}_{100}(SSA - 32 + 100)$ となる。同様に $SSA = 31$ なら $SSA_2 = 99$ 、 $SSA = 32$ なら $SSA_2 = 0$ 、 $SSA = 33$ なら $SSA_2 = 1$ と変換される。32がH0とH2間のサーボセクタ単位のスキュー量 ΔSSA_2 に相当する。当然、H0での SSA_0 は、 $\Delta SSA_0 = 0$ であるからSSAそのものである。

【0086】

図9のパターンディスクや磁気転写型STWによるプリSTWディスクを2枚適用した例では、各ディスク面で大きなサーボセクタスキューが生じ得る。同図の場合は、H0とH3間のサーボセクタ単位のスキュー量は $\Delta SSA_3 = 24$ なので、 $SSA_3 = \text{MOD}_{100}(SSA - 24 + 100)$ となる。図10は、4枚ディスクの例であり、上記の図9の説明と全く同様に適用が可能である。

【0087】

このように、補正後のサーボセクタアドレス SSA_x の一般式は、1周のサーボセクタ数を S_{max} 、サーボセクタ単位のスキュー量 ΔSSA_x とすると、 $SSA_x = \text{MOD}_{S_{max}}(SSA - \Delta SSA_x + S_{max})$ と表される。SSA学習は、サーボ信号領域のタイミングスキュー量の学習(スキュー学習)と同様に、ヘッド間(H0とHx間)で実施すれば良い。

【0088】

磁気ディスク装置でのヘッドチェンジの際は、 $SSA_x = \text{MOD}_{S_{max}}(SSA - \Delta SSA_x + S_{max})$ の $(S_{max} - \Delta SSA_x)$ 値を、ヘッドチェンジ先のヘッドHxに合わせて切り換えればよい。即ち、 $SSA_x = \text{MOD}_{S_{max}}(SSA + (S_{max} - \Delta SSA_x))$ の演算を実施すれば良い。即ち、SS

A学習では、 Hx 毎に、少なくとも $\Delta SSAx$ か $(Smax - \Delta SSAx)$ を記憶していれば良い。 n 本ヘッド時のSSA学習結果を記憶するメモリは、 $n-1$ 個あれば良い。

【0089】

各種のサーボ信号領域の学習については、ヘッドが n 本の場合、基準となるヘッドを $H0$ とすると、各 $n-1$ 個のメモリで良い。第1の実施形態1と第2の実施形態に対応する ΔT_{0x} と ΔD_{0x} の学習値を持つ場合は、 $2 \times (n-1)$ 個となる。尚、この場合 $H0$ の扱いが特別になるので、 $H0$ も含めて、 $2 \times n$ 個のメモリとした方が処理が簡単になる。本実施形態のように、他数枚のメディアブリライトSTWによる場合やパターンディスク/磁気転写型ディスクを適用する場合は、大きなサーボ信号領域のスキューが生じるため、 $\Delta SSAx$ のメモリが必要であることは言うまでもない。

【0090】

更には、動作時に比較的大きな振動/衝撃が生じ得ると共に、特に低価格化が要求されるモバイル機器に搭載するHDDに、本実施形態を適用したプリSTWディスクを採用する効果大きい。この場合、動作状態において加速度を検知する手段をHDDに設け、一定の加速度以上が印加された条件でのヘッドチェンジでは、この時に得られた各種スキュー量の瞬時値は誤差(バラツキ)が大きいか振動や衝撃の影響を大きく受けていると判断し、各種スキュー量の学習値を無視するか、複数回のヘッドチェンジの平均化で得るかを実施すれば良い。無視する場合は、一定の加速度未満の条件でのヘッドチェンジでの学習値のみを採用する。これによって、不規則な振動環境下や衝撃発生時でも、誤学習によるパフォーマンスの低下を最小限に抑えられる。

【0091】

尚、ディスクの回転変動に対しては、従来技術と同様に、サーボ信号の引き込み領域を付加することで対応できる。この付加領域長は、サーボ個数/周が増加するのに伴って減少する。従って、この付加領域長によるデータフォーマットのロス、サーボ個数/周に依存せず回転変動量が $\pm 0.1\%$ であっても高々 0.2% であり、殆ど無視できる。

【0092】

以上説明したように、本発明の実施形態に係る磁気ディスク装置の主たる特徴は、複数のヘッド間のヘッドチェンジで生じ得るサーボ信号領域間隔を測定するサーボセクタ間隔測定手段、該サーボセクタ間隔測定手段の測定値からヘッド切り替え時間差を算出する時間差算出手段、該時間差算出手段の算出結果を記憶する時間差記憶手段、からなるタイミング学習手段と、ヘッドチェンジ後のサーボ復調の開始タイミングを時間差記憶手段の記憶値を用いて補正するタイミング補正手段と、から構成されるものである。また、前述したサーボ信号領域のタイミングスキュー量の学習に加えて、サーボセクタアドレスのタイミングスキュー量の学習を追加するもの、即ち、サーボ復調したサーボセクタの物理アドレスを、ヘッド或いはディスク毎に変換して、サーボセクタアドレス単位のタイミングを調整するサーボセクタアドレス変換手段を備えるものから構成される。

【0093】

更に、複数のヘッド間のヘッドチェンジ後に復調されたトラックIDと位置決めを学習し、この学習値に基づいて位置決め制御をフィードフォワード的に補正することによって、ヘッドチェンジ後の位置決め時間を改善（短縮）するものである。

【0094】

【発明の効果】

本発明によれば、熱変動や外部衝撃等でディスクやヘッドの大きなスキューが生じる場合でも、サーボ信号領域を広げることなく、ヘッドチェンジによるパフォーマンスロスを生じない磁気ディスク装置を実現できる。

【0095】

更には、予めサーボ信号を記録或いは形成した磁気ディスク（プリSTWディスクと呼ぶ）を装置に組み込む場合でも、複数のヘッド／ディスク間で、数～数百サーボ信号領域にも及ぶディスクの大きなスキューに対しても、フォーマットロスを最小にし、パフォーマンスロスない磁気ディスク装置を実現できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明の実施形態に関するサーボ信号領域のスキュー量の学習を説明するフローチャートである。

【図 2】

本発明の実施形態に関するヘッド又はディスクのスキュー状況及びサーボ復調のタイミングを示す図である。

【図 3】

アクチュエータ倒れ又はスピンドル倒れが線形モデルで表される場合のタイミング補正を説明する図である。

【図 4】

アクチュエータ倒れ又はスピンドル倒れが線形モデルで表される場合のタイミング補正を説明する図である。

【図 5】

アクチュエータ倒れ又はスピンドル倒れが非線形モデルで表される場合のタイミング補正を説明する図である。

【図 6】

ディスクスリップとヘッドスキューが同時に発生する場合の適用例を示す図である。

【図 7】

メディアプリライト S T W によるディスクを 1 枚適用する場合の実施形態を示す図である。

【図 8】

メディアプリライト S T W によるディスクを 2 枚適用する場合の実施形態を示す図である。

【図 9】

パターンディスクや磁気転写型 S T W によるディスクを 2 枚適用する場合の実施形態を示す図である。

【図 1 0】

パターンディスクや磁気転写型 S T W によるディスクを 4 枚適用する場合の実施形態を示す図である。

【図 1 1】

ヘッドディスクアセンブリ（HDA）の構成を示す実態図である。

【図 1 2】

磁気ディスク装置（HDD）の構成図である。

【図 1 3】

従来技術によるスピンドルの倒れを吸収する技術を説明する図である。

【図 1 4】

本発明によるサーボ信号領域のスキュー量とトラックオフセット量の学習を説明するフローチャートである。

【図 1 5】

本発明によるサーボ信号領域のスキュー量とトラックオフセット量とサーボセクタスキューの学習を説明するフローチャートである。

【図 1 6】

本発明によるサーボ信号領域のスキュー量とサーボセクタスキューの学習を説明するフローチャートである。

【図 1 7】

PC等のモバイル機器等に内蔵するディスク2枚構成に対応する適用例を示す図である。

【図 1 8】

パターンディスクや磁気転写型STWによるディスクを1枚適用する場合の実施形態を示す図である。

【符号の説明】

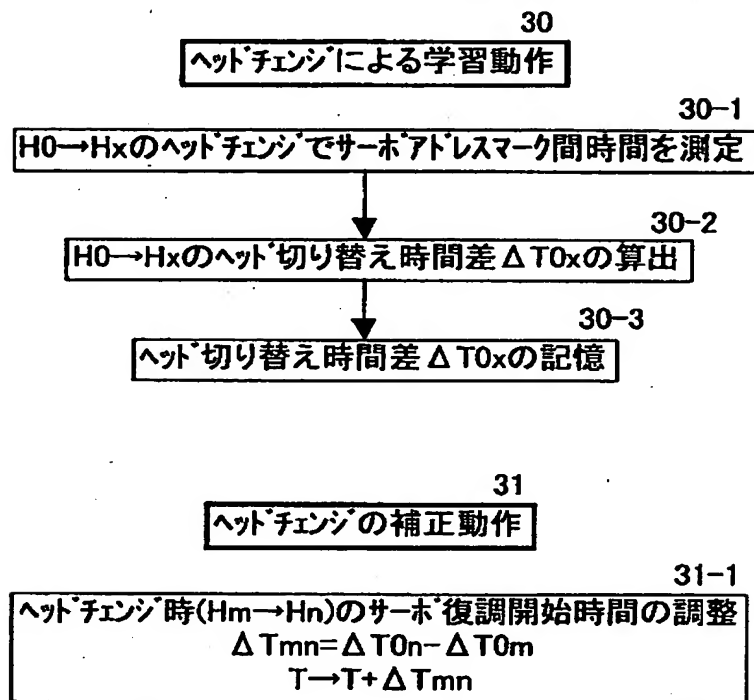
- 1 磁気ヘッド
- 2 磁気ディスク
- 3 サスペンション
- 4 アクチュエータ
- 5 スピンドル
- 7 ボイスコイルモータ（VCM）
- 8 筐体（ベース）

- 1 1 リード／ライトドライバ (R/WIC)
- 1 2 モータ
- 1 3 サーボ信号領域
- 1 7 (アクチュエータやスピンドルの) 倒れ範囲
- 1 9 サーボゲート信号 (SGATE)
- 2 1 サーボセクタアドレス (SSA)
- 3 2 ハードディスクコントローラ (HDC)
- 3 3 サーボコントローラ (SC)
- 3 4 マイクロプロセッサ (MPU)
- 3 6 ROM
- 3 7 RAM
- 3 8 リードチャネルIC (RDC)
- 1 0 0 ヘッドディスクアセンブリ (HDA)
- 2 0 0 パッケージボード (PCB)

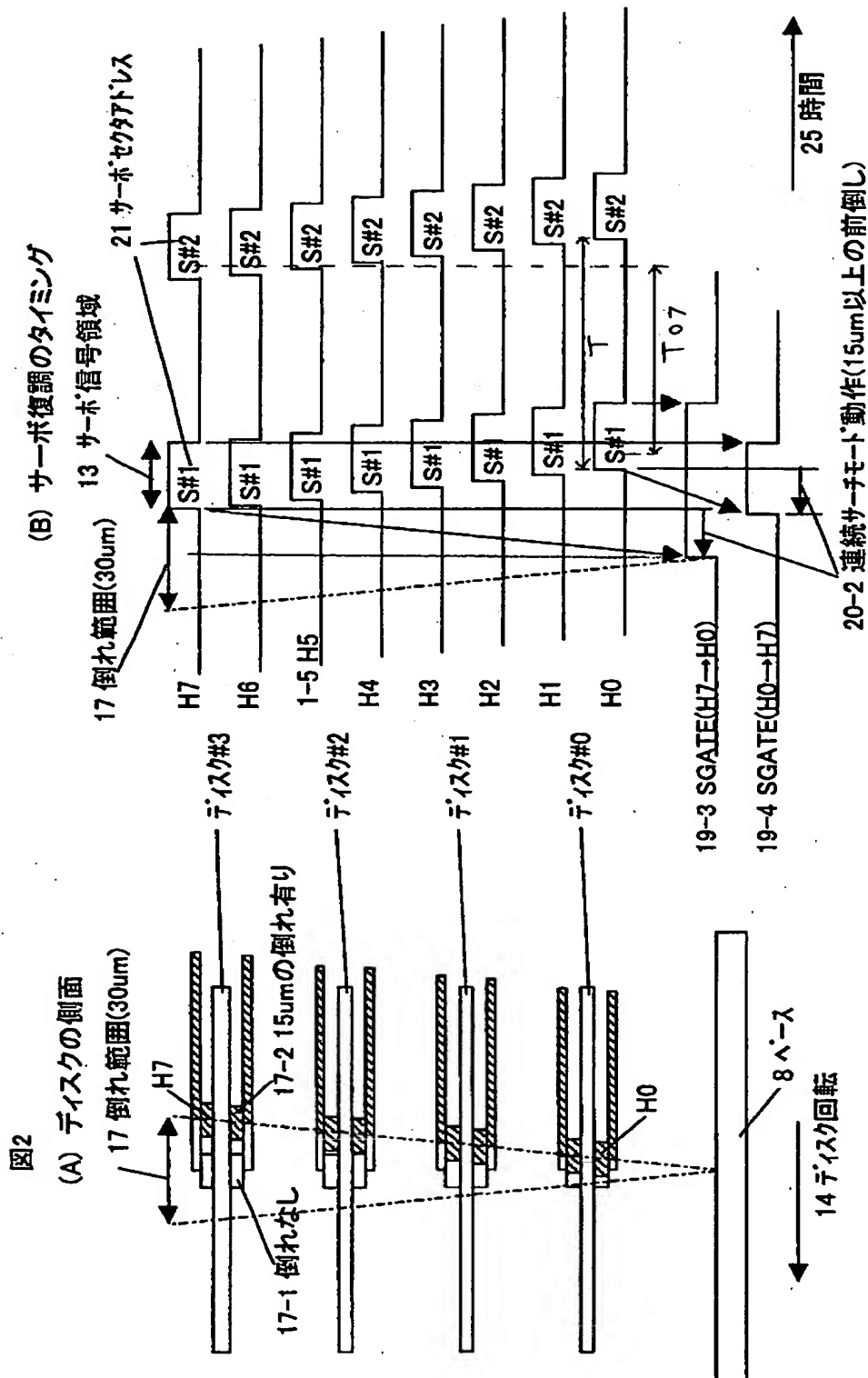
【書類名】 図面

【図 1】

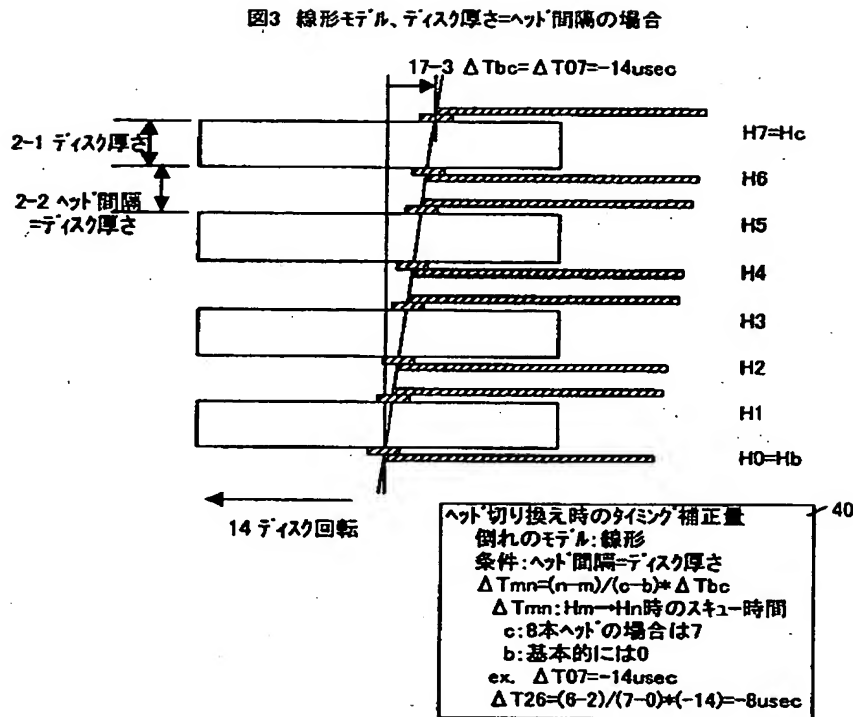
図1 サーボ信号領域のスキュー量学習



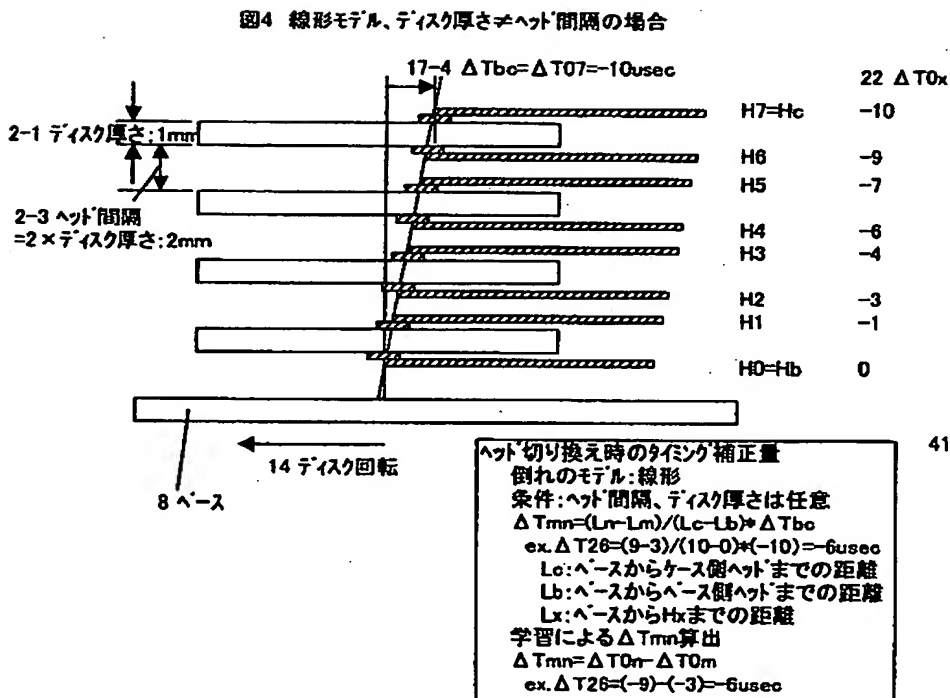
【図2】



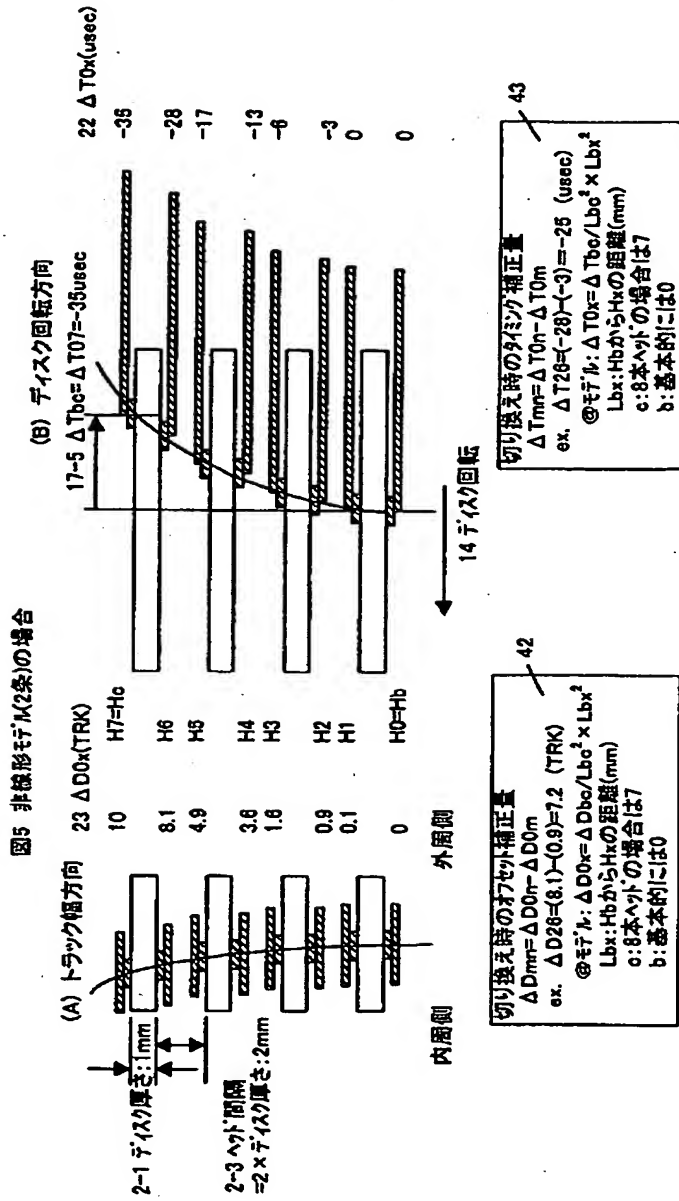
【図 3】



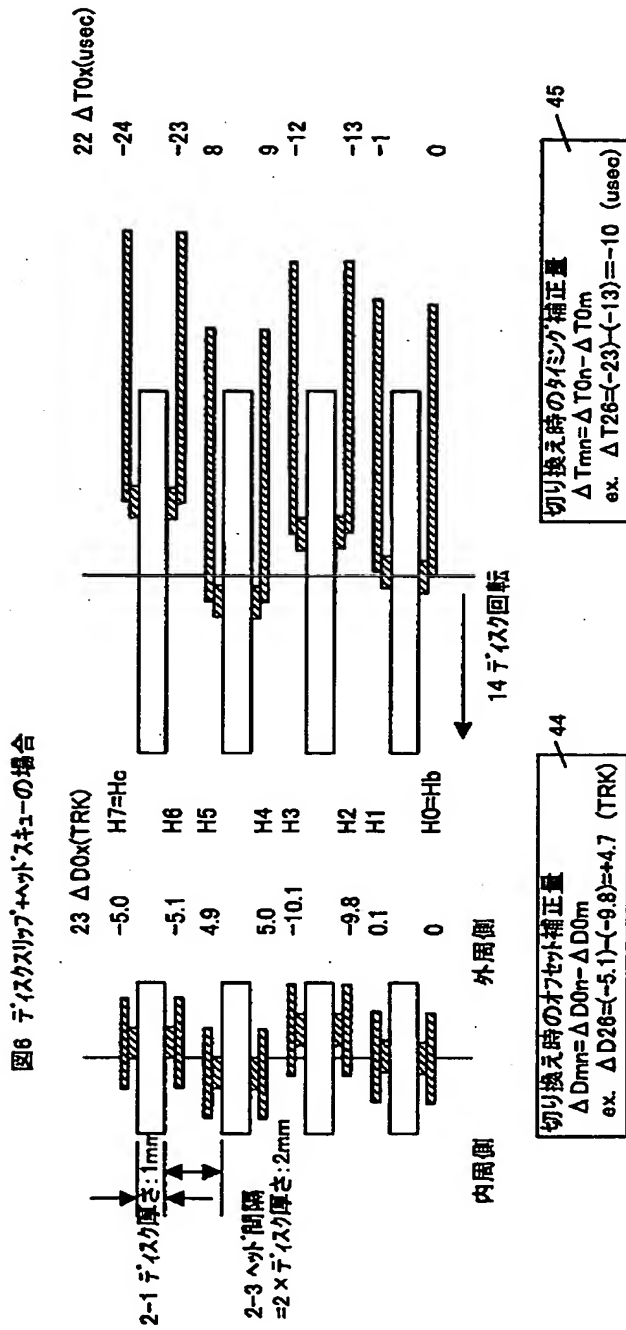
【図 4】



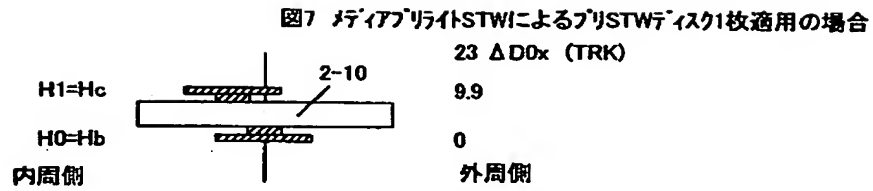
【図5】



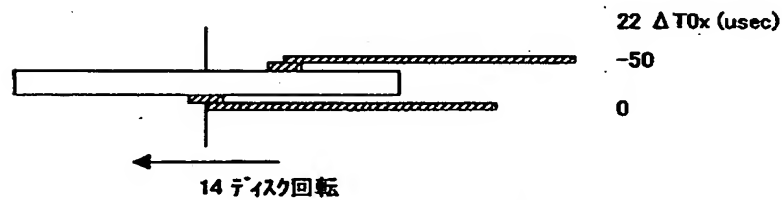
【図 6】



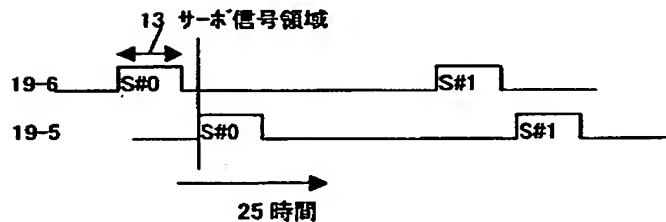
【図 7】



H1→H0切り換え時の位置決め制御補正量
 $\Delta D10=(0)-(+9.9)=-9.9$ (TRK)

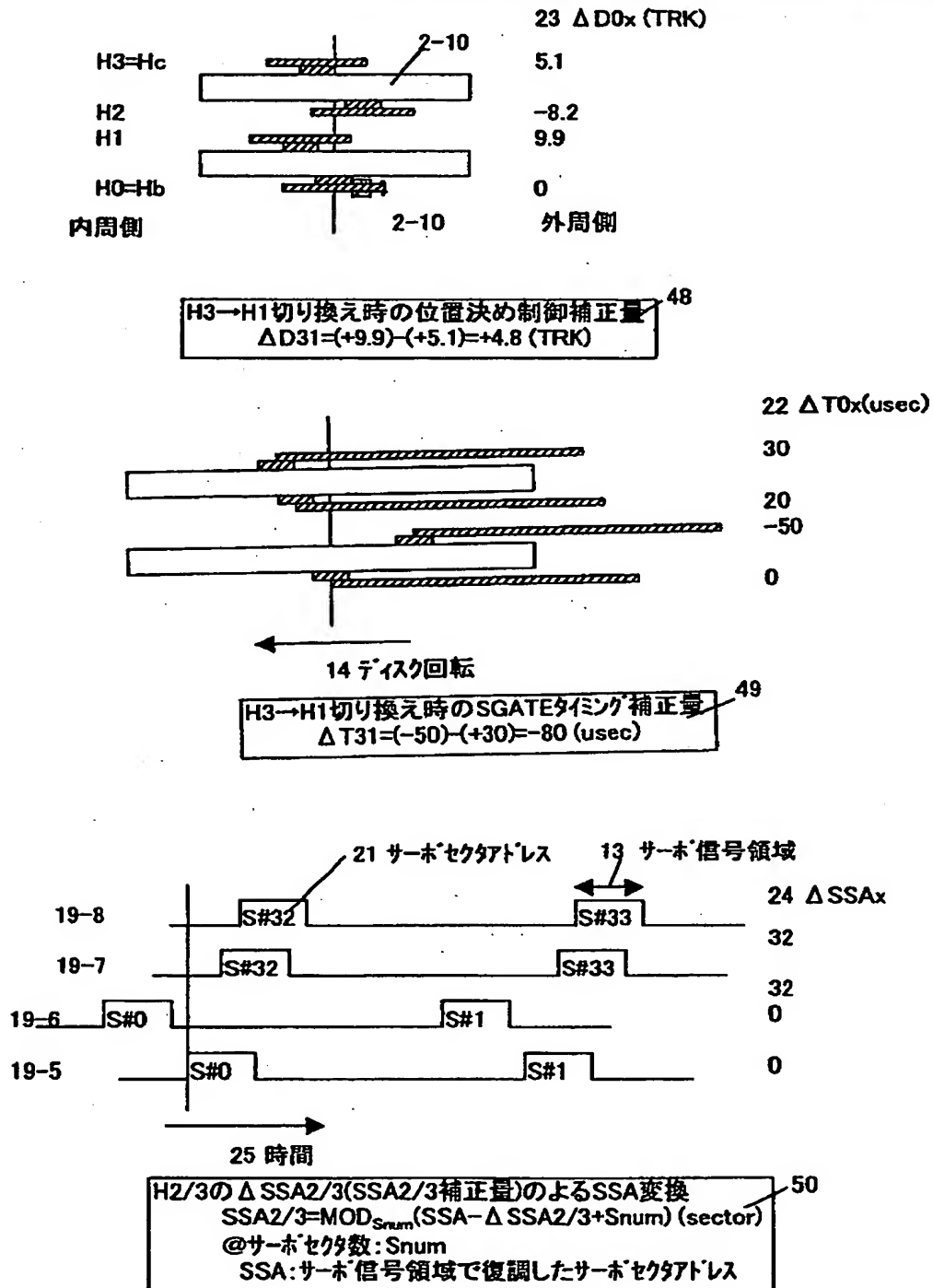


H1→H0切り換え時のSGATEタイミング補正量
 $\Delta T10=(0)-(-50)=+50$ (usec)

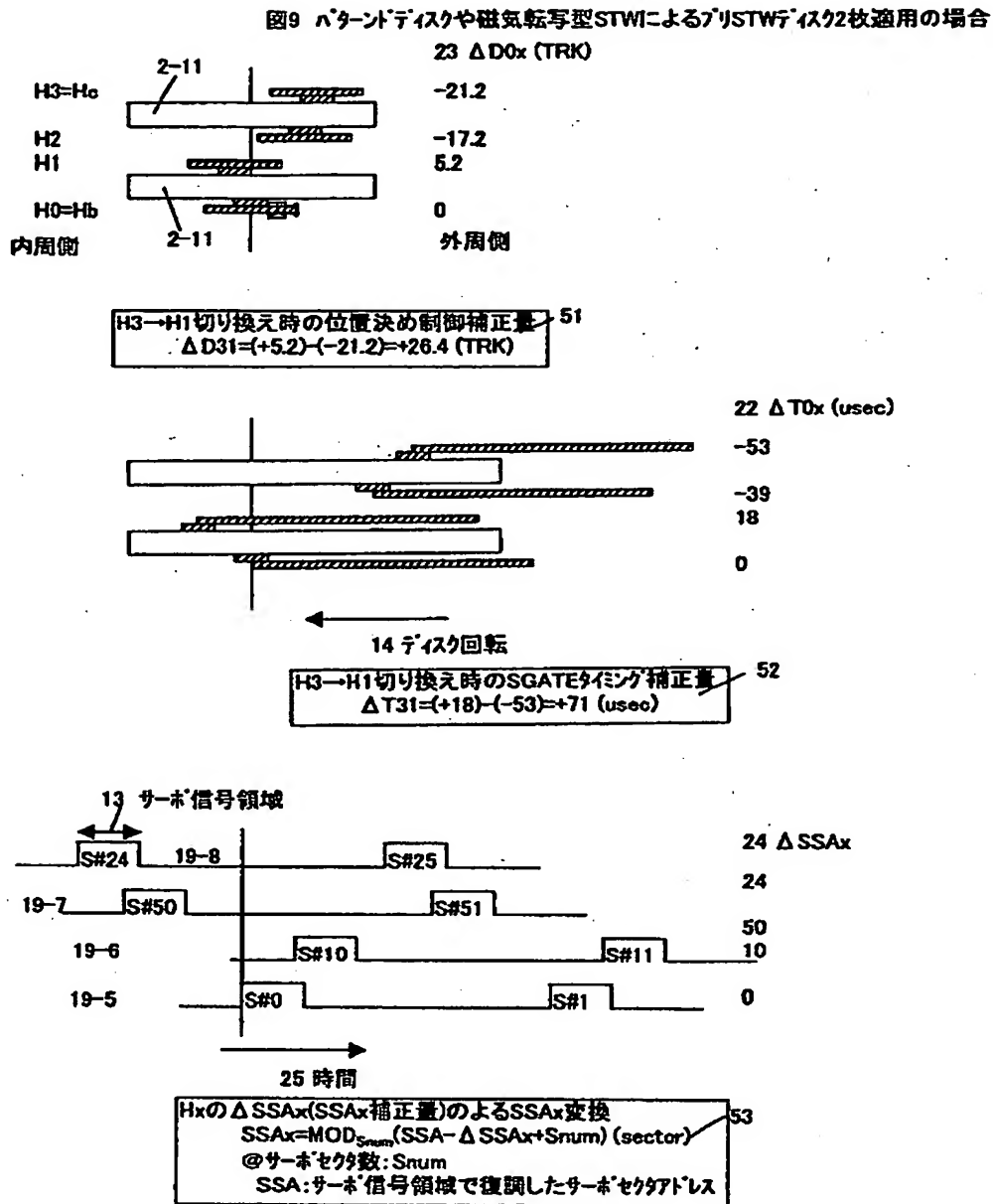


【図 8】

図8 メディアライトSTWIによるプリSTWディスク2枚適用の場合

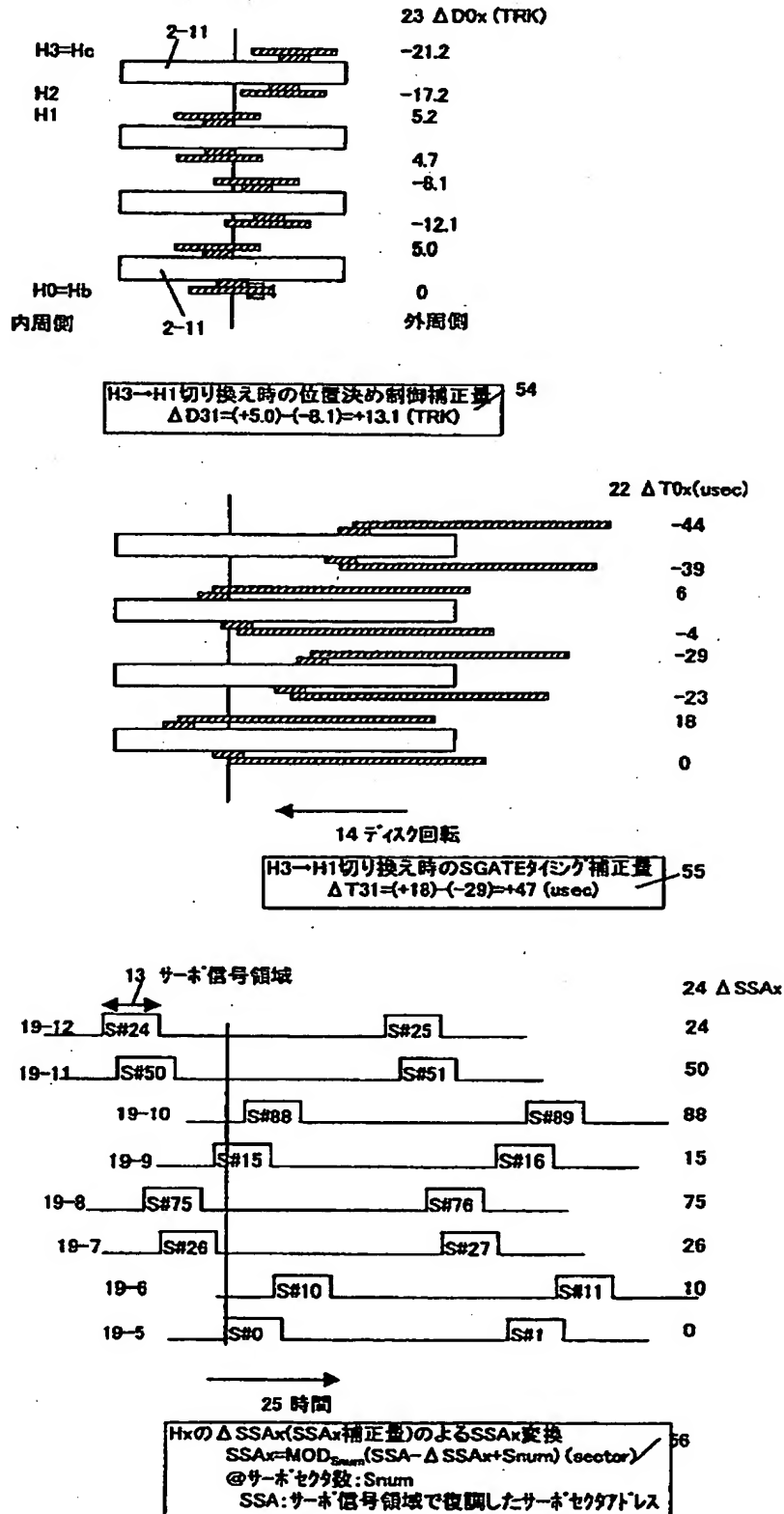


【図9】

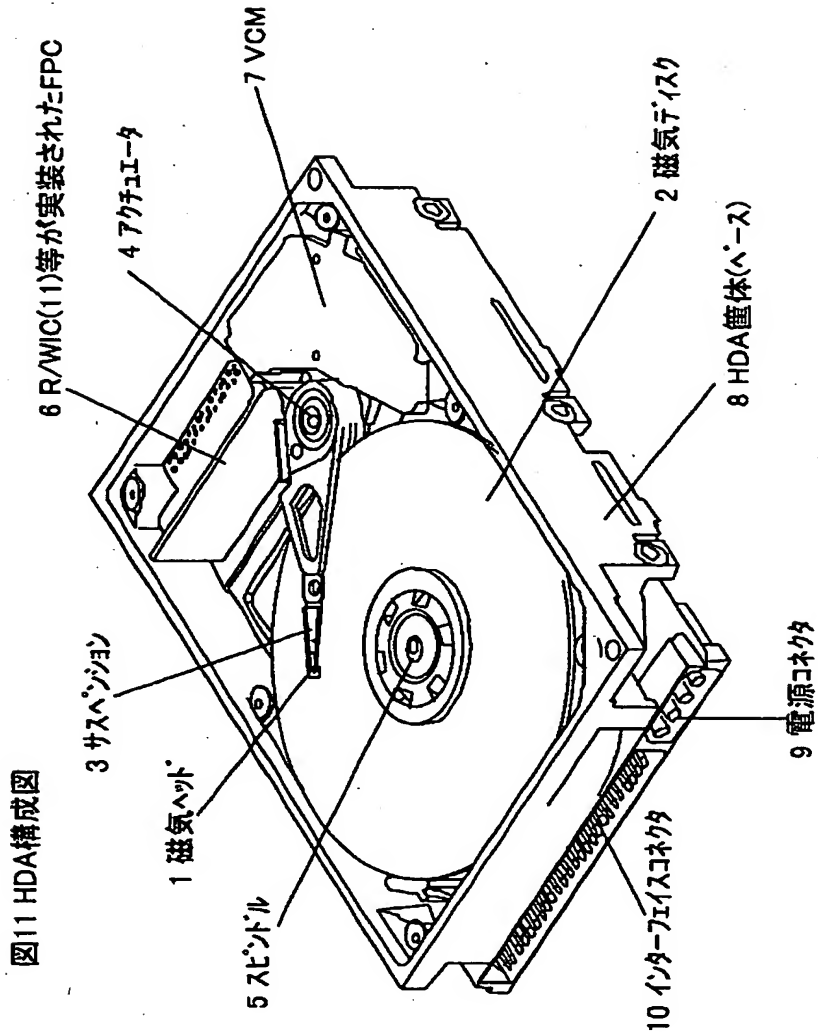


【図10】

図10 ハードディスクや磁気転写型STWによるフリスTWディスク4枚適用の場合

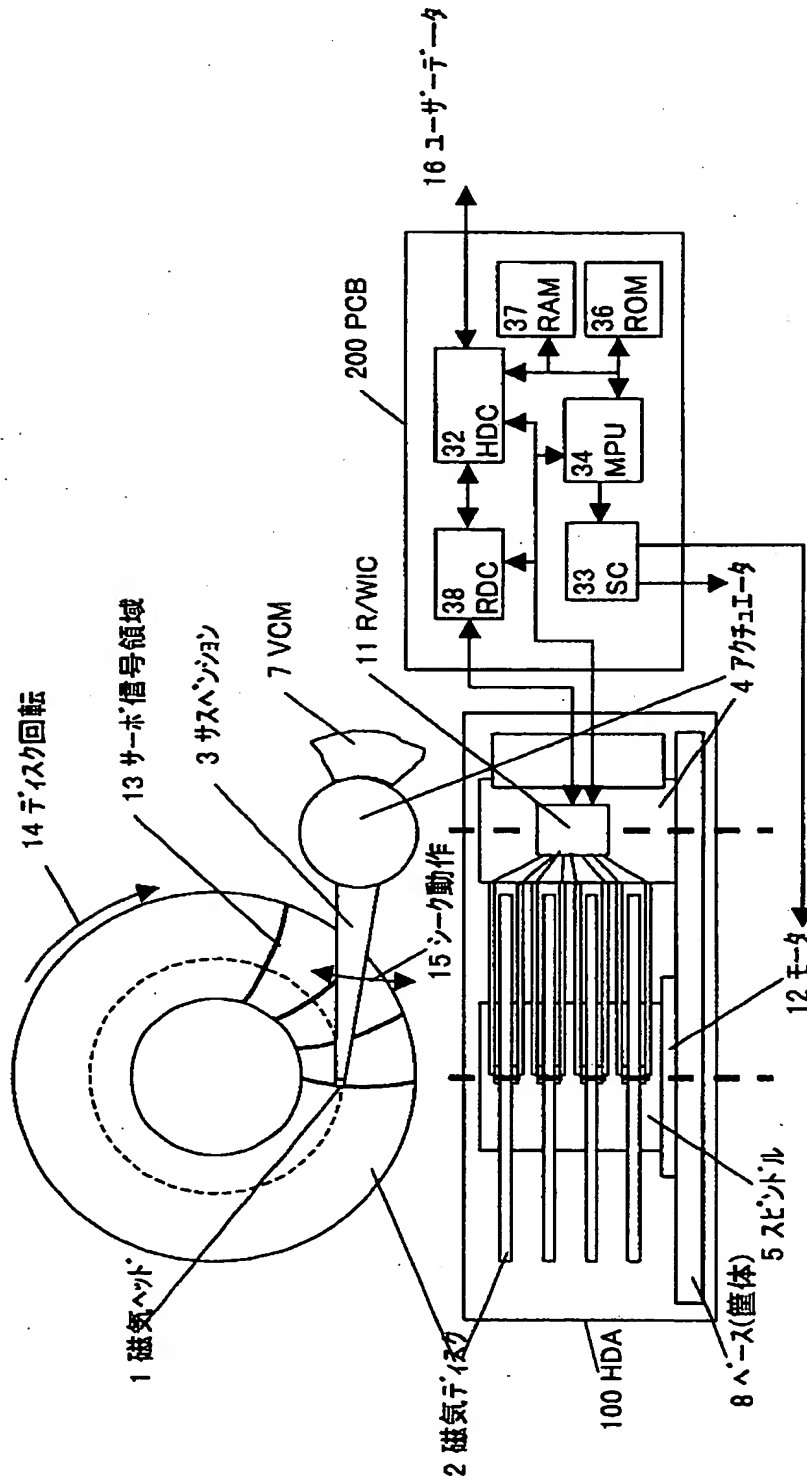


【図11】

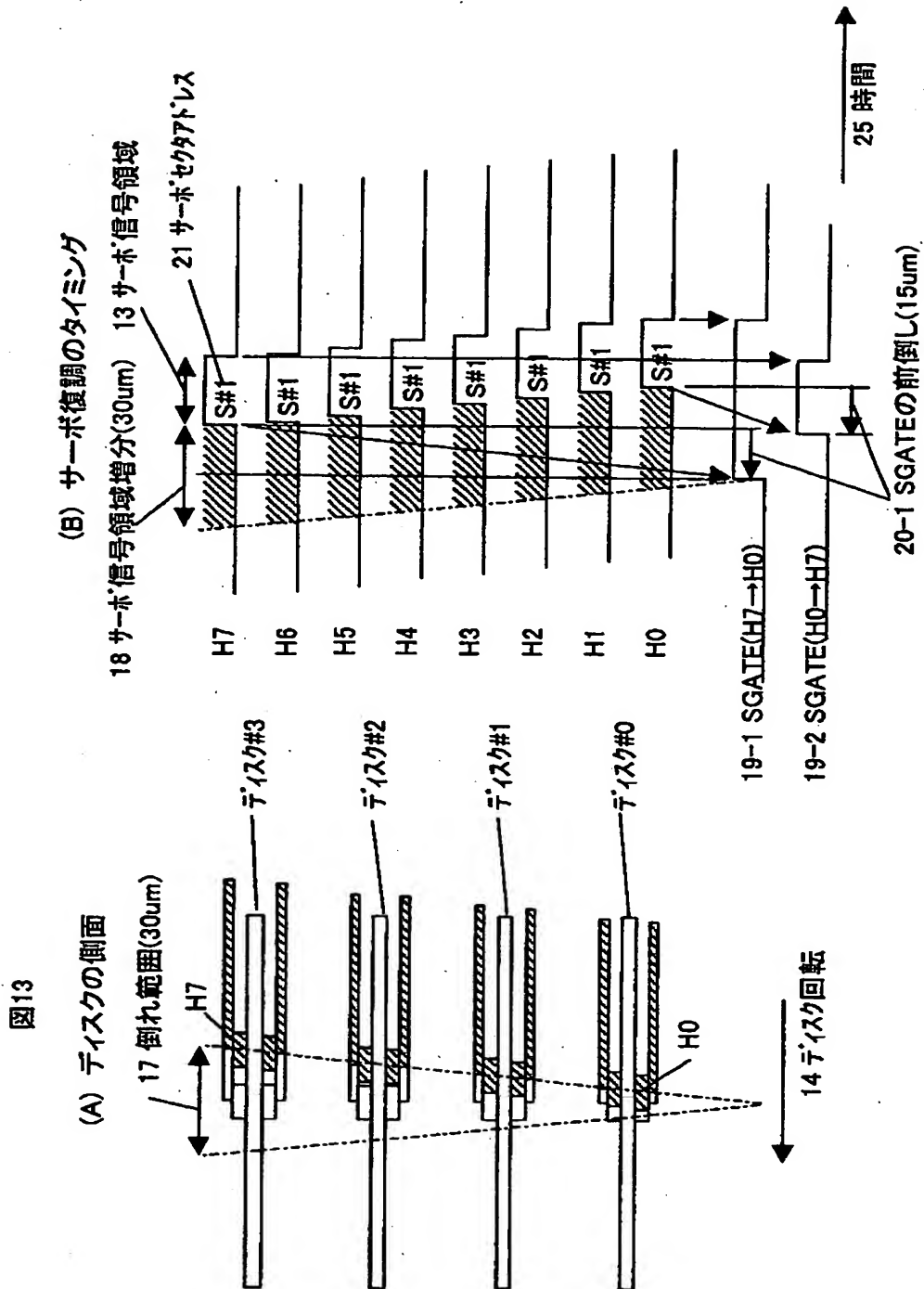


【図 12】

図12 HDDの構成図

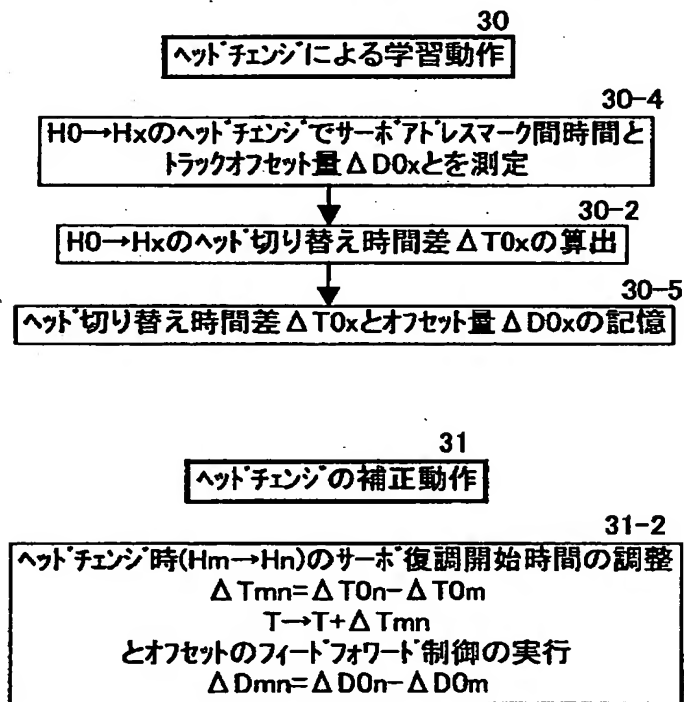


【図13】



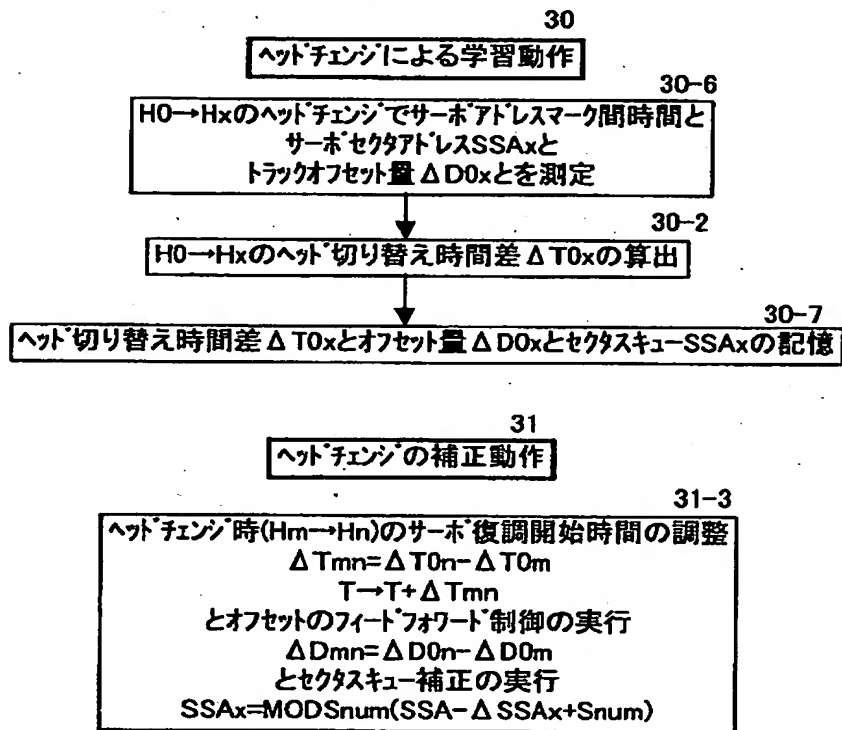
【図 1 4】

図 14 サーマ信号領域のスキュー量+トラックオフセット量学習



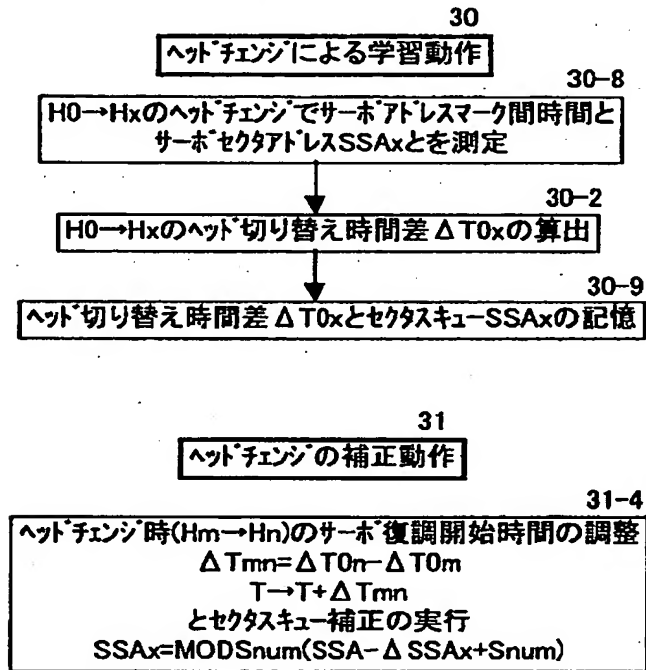
【図 1 5】

図15 サーボ信号領域のスキュー量+トラックオフセット量+セクタスキュー学習



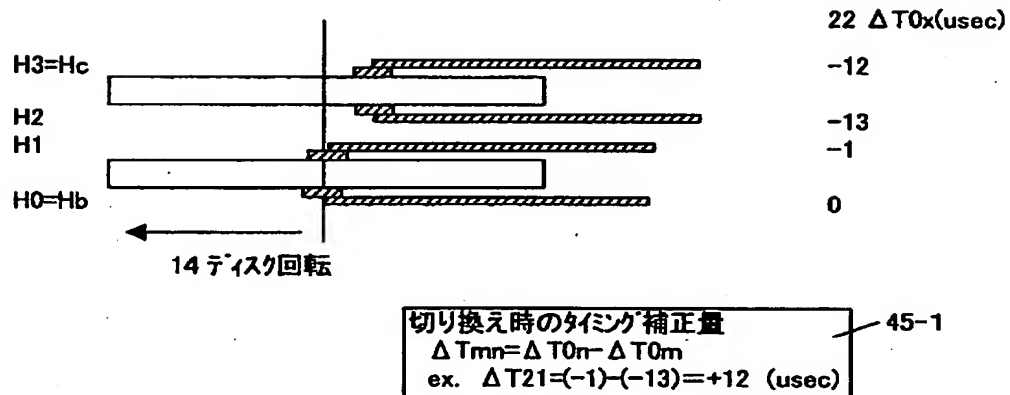
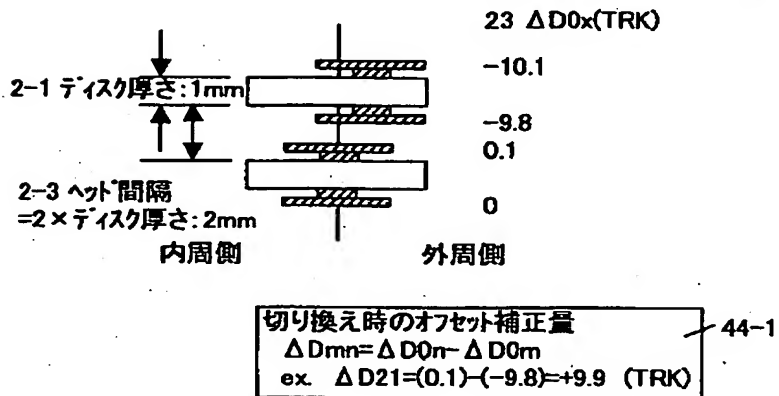
【図 16】

図16 サブ信号領域のスキュー量+セクタスキュー学習



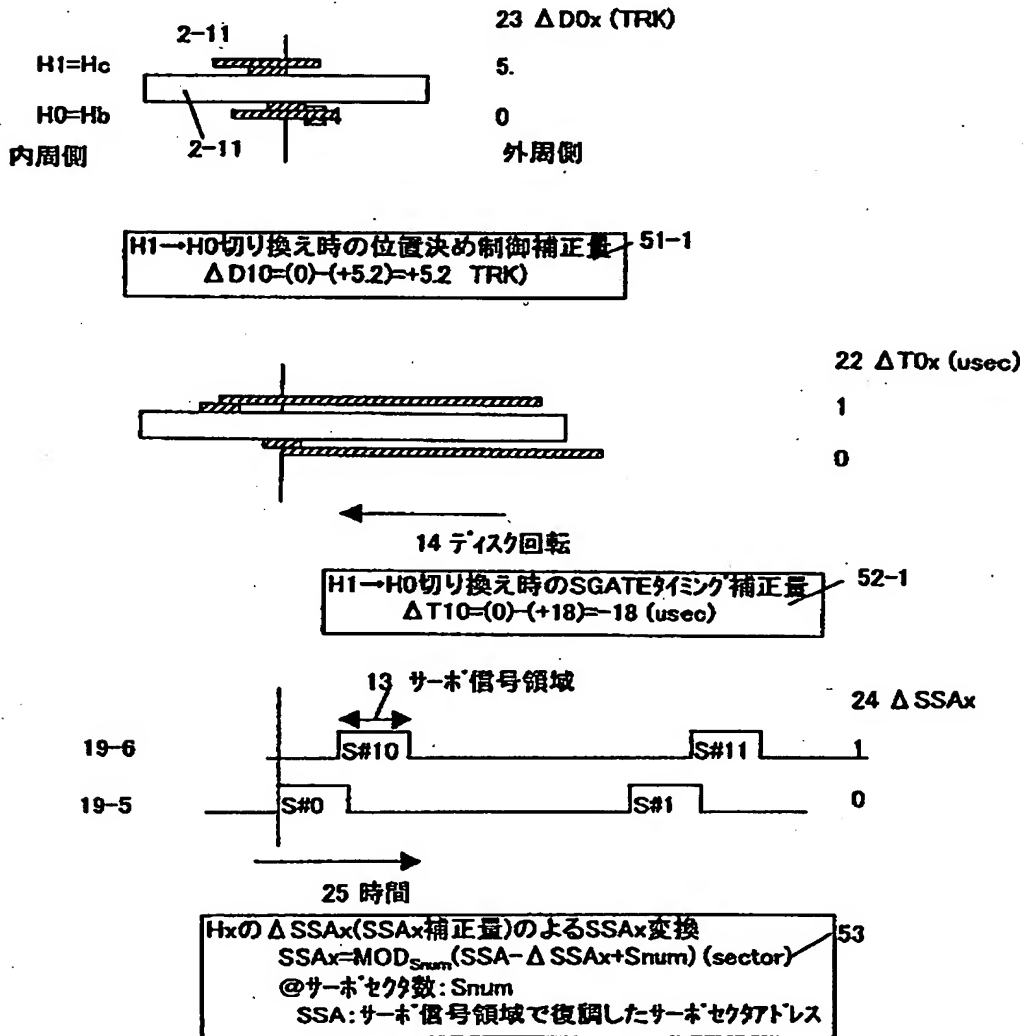
【図 17】

図17 モバイル機器内蔵の2枚ディスクの場合



【図 18】

図18 パターンディスクや磁気転写型STWによるプリSTWディスク1枚適用の場合



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 磁気ディスク装置において、熱変動や外部衝撃等でディスクやヘッドの大きなスキューが生じる場合でも、サーボ信号領域を広げることなく、且つヘッドチェンジによるパフォーマンスロスを生じない技術を提供すること。

【解決手段】 複数のヘッド間のヘッドチェンジで生じ得るサーボ信号領域間隔を測定するサーボセクタ間隔測定部、サーボセクタ間隔測定部の測定値からヘッド切り替え時間差を算出する時間差算出部、時間差算出部の算出結果を記憶する時間差記憶部、からなるヘッドチェンジによる学習手段と、ヘッドチェンジ後のサーボ復調の開始タイミングを前記時間差記憶部の記憶値を用いて補正する補正制御手段と、を備えたこと。また、ヘッドチェンジ後のサーボセクタ内の記録信号からディスク半径方向のスキュー量を測定し、スキュー量によりヘッドのフィードフォワードの位置決めを制御すること。

【選択図】 図2

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000005108]

1. 変更年月日 1990年 8月31日

[変更理由] 新規登録

住 所 東京都千代田区神田駿河台4丁目6番地

氏 名 株式会社日立製作所